



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANÁLISE DE CUSTOS OPERACIONAIS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA EM
FUNÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O CASO DA ETA-006 DA
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO TOCANTINS – ODEBRECHT AMBIENTAL -
SANEATINS - PALMAS-TO.**

JOSE ALDIMIRO VIEIRA MARQUES

PALMAS - TO

Maio, 2016

JOSE ALDIMIRO VIEIRA MARQUES

**ANÁLISE DE CUSTOS OPERACIONAIS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA EM
FUNÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O CASO DA ETA-006 DA
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO TOCANTINS – ODEBRECHT AMBIENTAL -
SANEATINS - PALMAS-TO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Federal do Tocantins, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Engenharia Ambiental.

Área de Concentração: Recursos Hídricos.

PALMAS - TO

Maior, 2016

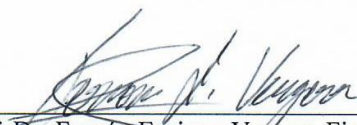
FOLHA DE APROVAÇÃO

JOSÉ ALDIMIRO VIEIRA MARQUES

ANÁLISE DE CUSTOS OPERACIONAIS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA EM
FUNÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O CASO DA ETA-6 DA
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO TOCANTINS - ODEBRECHT AMBIENTAL
- SANEATINS - PALMAS -TO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental,
Nível Mestrado Profissional, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre
em Engenharia Ambiental. A presente dissertação foi aprovada pela Banca
Examinadora composta pelos membros abaixo relacionados:

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fernán Enrique Vergara Figueroa
Universidade Federal do Tocantins (Presidente)



Prof. Dr. Márcio José Catalunha
Universidade Federal do Tocantins



Prof. Dr. Waldecy Rodrigues
Universidade Federal do Tocantins

Aprovada em: 24 de junho de 2016
Local de defesa: Sala 02 do bloco H
Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Palmas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

M357a Marques, José Aldimiro Vieira.
Análise de custos operacionais para tratamento de água em função da degradação ambiental: o caso da ETA-006 da Companhia de Saneamento do Tocantins – ODEBRECHT AMBIENTAL - SANEATINS - Palmas-TO. / José Aldimiro Vieira Marques. – Palmas, TO, 2016. / José Aldimiro Vieira Marques. – Palmas, TO, 2016.
200 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) Profissional em Engenharia Ambiental, 2016.

Orientador: Fernán Enrique Vergara Figueroa

1. Custos Operacionais. 2. Tratamento de Água. 3. Ribeirão Taquarussu. 4. Odebrecht Ambiental/SANEATINS. . I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

“Dedico esta conquista a meus pais: ele Augusto Marques, homem, sem letra, sábio, habilidoso com uma colher de pedreiro, como ninguém construiu cisternas, ao entalhar rochas, garimpava legados eternos à sua grande família, ela Sebastiana Vieira, não menos, habilidosa adjutora na condução de sua casa; estou feliz, por eles veem esta conquista”.

“À Maria de Luordes, com a mais terna gratidão por tantos zelos, compreensão e cuidados com o meu velhinho, seu tenro companheiro”.

AGRADECIMENTO

Constituiu-se razão de muita alegria, a realização desta dissertação, primeiro pelos desafios, que nasceram no caminho à medida que perscrutava ideias, consorciada às exigências, fundamentais, encontrar motivação, perseverança, dedicação em tempo integral, recluso de tudo e de todos. Neste ambiente, minha relação com o meu Criador e Salvador Jesus Cristo, foi de fundamental importância, para transpor todas as barreiras e trincheiras ocultas. Com isso sugeriram os amigos, irmãos e irmãs, incentivando e participando, instruído e construindo os alicerces sólidos para alcançar o ponto do horizonte, outrora não concebido. Contudo, há de evidenciar reconhecimentos especiais.

Com primazia, ao Deus eterno, criador dos céus e da terra, por me permitir que até aqui chegasse, a Ele toda honra e toda glória, louvor e reconhecimento de Sua majestade.

Ao respeitado professor Dr. Fernán Enrique Vergara Figueroa, pela valiosa oportunidade concedida ao me aceitar como orientando e pelo senso crítico em conduzir à elaboração desta tese. Seu apoio foi fundamental nas tomadas de decisões e seus exemplos me ensinaram que as dificuldades podem ser superadas com determinação, sabedoria e perseverança. “...dizias: Vá com calma, vai dá certo...”

A todos os professores do Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos doutores: Prof. Dr. Márcio José Catalunha e Prof. Dr. Waldecy Rodrigues; é privilégios, tê-los no julgamento. Suas contribuições enriqueceram esta tese.

À Universidade Federal do Tocantins, através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, que possibilitou a realização do mestrado, contudo, os professores, funcionários e colegas que fizeram a diferença. Em especial ao sensato Cristiano, sempre cordial e atencioso.

Aos queridos filhos, Matheus Marques e Moises Marques, pela oportunidade de mostrar que desistir, é não ter visão de propósito.

Ao amigo professor Dr. José Roberto Lins Silva, por suas contribuições. Foram decisivas e impulsionadoras, sinceramente muito obrigado! Tens comigo um coração grato.

Ao meu amigo, mestre, exemplo de lealdade, Antônio Rodrigues, companheiro de tantas jornadas, nesta, não ficaria de fora.

Ao meu amigo, companheiro e confidente Thalles Delano, houve momento que juntos superamos barreiras.

Às amigas mestras, Cecília Amélia Miranda e Viviane Basso Chiesa, vocês me inspiraram a acreditar; demonstraram que são companheiras. Deus seja louvado por suas vidas.

Às minhas irmãs de oração, Ivanete, Ivanilde, Ivone e Osmarina, pelo tempo dispensado na presença de Deus, por minhas causas e a irmã Lilian pela tradução do resumo

A todos os colegas de mestrado, pela convivência durante toda jornada, principalmente ao Diogo Pedreira, Ítalo Wanderley, Izabel, Ledo Ivo e, Ricardo Mateus, juntos formamos uma equipe entrincheirados e absortos nos desafios.

Aos colegas de trabalho, amigos: Adriana Barbosa, Ivecy Leida, Tábita, Jessica, Lucy e Camila Carolline por tantas contribuições.

À Odebrecht Ambiental|Saneatins, pelo financiamento, fornecimento de projetos, e toda base de dados operacionais da ETA 6, matéria prima, para construção desta obra.

E também a todas as pessoas que direta e indiretamente, contribuíram na realização desta pesquisa.

E, mais que especial, à minha esposa, Nelcylene Moura M. Marques, pelo apoio sempre confortante. O amor fez a diferença e as palavras norteantes, me fez alcançar o objetivo proposto. Você é parte de mim.

A todos, do Senhor virá suas recompensas.

RESUMO

MARQUES, J.A.V. **Análise de custos operacionais para tratamento de água em função da degradação ambiental: o caso da ETA 6 da Companhia de Saneamento do Tocantins – ODEBRECHT AMBIENTAL - SANEATINS - Palmas-TO.** 2016. 200f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2016.

Este trabalho teve como objetivo a análise dos custos operacionais para tratamento de água em função da degradação de mananciais. Foram selecionadas as variáveis custos com energia, turbidez, custos com sulfato de alumínio e cal hidratada, custos com cloro e flúor, custo final e custos com pessoal, volume aduzido e volume produzido, para demonstrar o quão a qualidade do manancial Ribeirão Taquarussu, quanto a turbidez, influencia nos custos operacionais. Para definir os resultados, fez-se uso de ferramentas matemáticas e estatísticas, concluindo-se que os custos e consumos da cal hidratada e do sulfato de alumínio, justifica-se, pelo acréscimo de 105,44% do volume aduzido entre o ano 2010 a 2015 e não pela flutuação da turbidez média. A correlação de Pearson somente indica que a turbidez média, tem maior influência para a cal hidratada nos anos de 2013 e 2014 e com sulfato de alumínio, nos anos 2010, 2012, 2013 e 2014 com a turbidez média e para turbidez máxima no ano de 2015, todas classificadas como **forte positiva**, sem correlação com a turbidez mínima. A Anova define que a turbidez não influencia nos custos operacionais. Quanto aos custos para etapa produção de água tratada, considera-se 2015 o ano com melhor custo benefício com maior volume produzido (VP) de 19.314.233,00 m³ e tempo de funcionamento anual de (TFA) de 6.670,46 h, detentor do custo máximo mensal de R\$ 0,30/m³ e custos máximo anual de R\$ 0,25/m³. O valor final de produção de água tratada é maior que o custo para a etapa de clarificação. Porém a etapa de produção de água tratada demonstra mais eficiência, com a menor oscilação entre os custos anual e que os custos com produtos químicos corresponde a 12% dos custos totais da operação. Finalmente, pode se concluir que, as análises das cinco estações amostrais, realizadas em 2014 e 2015, referenda que a turbidez da bacia do Ribeirão Taquarussu é baixa, com poucas oscilações no período de estudo, não influenciando na operacionalização da ETA 6.

Palavra-Chave: Custos Operacionais, Tratamento de Água, Ribeirão Taquarussu, Odebrecht Ambiental/SANEATINS.

ABSTRACT

MARQUES, José Aldimiro Vieira. **Analysis of operating costs for water treatment due to environmental degradation: the case of ETA 6 of Tocantins Sanitation Company - ODEBRECHT AMBIENTAL - SANEATINS - Palmas-TO.** 2016. 200f. Dissertation (Professional Master's in Environmental Engineering) - Federal University of Tocantins, Palmas, 2016.

This study aimed to analyze the operating costs for water treatment due to the degradation of water springs. Variables were selected like costs with energy, turbidity, costs with aluminum sulfate and hydrated lime, costs with chlorine and fluorine, final costs and personnel costs, adducted and produced volume, in order to demonstrate how the quality of Ribeirão Taquarussu Spring, while turbidity, influence on operating costs. To define the results, mathematical and statistical tools were used, concluding that the costs and consumption of hydrated lime and aluminum sulfate are justified by 105.44% increase in the adducted volume between the years of 2010 and 2015 and not by the average turbidity fluctuation. Pearson's correlation only indicates that the average turbidity, has greater influence for the hydrated lime in the years 2013 and 2014 and with aluminum sulfate, in the years 2010, 2012, 2013 and 2014 with the average turbidity and for maximum turbidity in the year 2015, all rated as **strong positive**, uncorrelated with minimal turbidity. Anova defines that turbidity does not influence operating costs. In relation to costs for the treated water production stage, 2015 is considered the year with more cost benefit and higher production volume (PV) of 19,314,233.00 m³ and annual operating time (TFA) of 6,670.46 h holding the maximum monthly cost of \$ 0.30/m³ and maximum annual cost of \$ 0.25/m³. The final value of the treated water production is higher than the cost for the clarification phase. However, the treated water production phase shows more efficiency with less oscillation between the annual costs and that the cost of chemicals is 12 % of the total cost of operation. Finally, it can be concluded that the analysis of five sampling stations, carried out in 2014 and 2015 render that the Taquarussu Ribeirão basin turbidity is low, with few fluctuations in the study period, not influencing ETA 6 operations.

Keywords: operating costs, water treatment, Ribeirão Taquarussu, Odebrecht Ambiental/SANEATINS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da ETA 6, na Bacia do Ribeirão Taquarussu.)	41
Figura 2: Área da bacia do ribeirão Taquarussu, com destaque para as sub-bacias Taquarussu Grande e Taquarussu Pequeno (Taquarussuzinho).	56
Figura 3 – Valores máximos, média e mínimo dos custos anual com energia por unidade volume aduzido (m³)	59
Figura 4 – Valores máximos, média e mínimos de custos anual com cal hidratada por unidade de volume aduzido (m³).	60
Figura 5 – Valores máximos, média e mínimos de custos anual com sulfato de alumínio por unidade de volume aduzido.	61
Figura 6 – Valores máximos, média e mínimos de custos anual com cal hidratada por unidade de turbidez (uT)	63
Figura 7 – Valores máximos, média e mínimos de custos anual com sulfato de alumínio por unidade de turbidez (uT)	66
Figura 8 – Valores máximos, média e mínimos de consumos anual de cal hidratada por unidade de turbidez -.....	68
Figura 9 – Valores máximos, média e mínimos de consumos anual de sulfato de alumínio por unidade de turbidez (uT)	71
Figura 10 – Custos totais anual (R\$) no processo de clarificação referente a 2010-2015	121
Figura 11 – Custos totais anual (R\$) no processo de produção de água tratada, referente a 2010-2015	125
Figura 12 – Comparação dos custos totais anual (R\$) no processo de clarificação com produção de água tratada, referente a 2010-2012 -.....	129
Figura 13 – Comparação dos custos totais anual (R\$) no processo de clarificação com produção de água tratada, referente a 2013-2015	129

Figura 14 Percentual anual dos custos de produtos químicos em relação aos custos totais.....	131
Figura 15 – Percentual dos custos com produtos químicos no processo de tratamento x turbidez média – Demonstrando a influencia da sazonalidade pluvial – ref. 2012 -.....	133
Figura 16 – Percentual Anual da média dos custos de produtos químicos em relação turbidez média e comparativo de estudos dos custos com captação no lago -	134
Figura 17 – Histórico de vazões do Ribeirão Taquarussu Grande do período de estiagem x turbidez média -	136
Figura 18 – Diagrama de dispersão da correlação das variáveis sólidos suspensos totais mg.L-1 e turbidez (uT), referente ao ano de 2014 –	142
Figura 19 – Diagrama de dispersão da correlação das variáveis sólidos suspensos totais mg.L-1 e turbidez (uT), referente ao ano de 2015 –	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Estações de amostragem da qualidade da água na bacia do ribeirão Taquarussu.....	55
Tabela 2 – Valores máximo, média e mínimo dos custos anual com energia (R\$) por unidade de volume aduzido (m ³)	58
Tabela 3 – Valores máximo, média e mínimo dos custos anual com cal hidratada por unidade de volume aduzido (m ³)	59
Tabela 4 – Valores máximo, média e mínimo dos custos anual com sulfato de alumínio por unidade de volume aduzido (m ³)	61
Tabela 5 – Valores máximo, média e mínimo dos custos anual com cal hidratada por unidade de turbidez máxima (uT).....	63
Tabela 6 – Valores máximo, média e mínimo de custos anual com sulfato de alumínio (Kg) por unidade de turbidez máxima (uT).....	65
Tabela 7 – Valores máximo, média e mínimo de consumo anual de cal hidratada (Kg) por turbidez máxima (uT).	68
Tabela 8 – Valores máximo, média e mínimo de consumo anual de sulfato de alumínio (Kg) por unidade de turbidez máxima (uT).....	71
Tabela 9 – Comparativo da diferença de percentual de consumo cal hidratada e do sulfato de alumínio (kg) ponderados com turbidez média - período de 2010 a 2015.	74
Tabela 10 – Comparativo da diferença de percentual de custos de cal hidratada e de sulfato de alumínio (R\$) ponderados com a turbidez média - período de 2010 a 2015 ...	78
Tabela 11 – Comparativo da diferença de percentual do volume aduzido ponderados pela turbidez média período de 2010 a 2015.	82
Tabela 12 – Comparativo de percentual da diferença de custo de energia (R\$) ponderados pela turbidez média período de 2010 a 2015.	85

Tabela 13 – Comparativo de percentual da diferença dos custos total (R\$) ponderados com a turbidez média do período de 2010 a 2015.....	89
Tabela 14 – Classificação dos coeficientes de correlação de Pearson com a turbidez máxima, média e mínima.	93
Tabela 15 – Classificação de dispersão Pearson do custo com energia (R\$).....	96
Tabela 16 – Classificação de dispersão Pearson do tempo de funcionamento (h).....	97
Tabela 17 – Classificação de dispersão Pearson do volume aduzido (m³).....	97
Tabela 18 – Classificação de dispersão Pearson do custo total	98
Tabela 19 – Análise de variância para os grupos: custos com sulfato de alumínio.....	99
Tabela 20 – Análise de variância para os grupos: custos com Cal hidratada.....	100
Tabela 21 – Análise de variância para os grupos: custos com energia.....	101
Tabela 22 – Análise de variância para os grupos:	101
Tabela 23 – Análise de variância para os grupos: consumo de sulfato de alumínio	102
Tabela 24 – Análise de variância para os grupos: custos com pessoal.	102
Tabela 25 - Análise de variância para os grupos: custos total.	103
Tabela 26 – Análise de variância para os grupos: consumo de cal hidratada	104
Tabela 27 – Análise de variância para os grupos: turbidez máxima.....	104
Tabela 28 – Análise de variância para os grupos.	105
Tabela 29 – Análise de variância para os grupos: turbidez mínima.	105
Tabela 30 – estatística de regressão múltipla dos grupos: custos totais (2010 – 2015) ..	107
Tabela 31 – estatística de regressão múltipla dos grupos: custos totais 2010	110

Tabela 32 – estatística de regressão dos grupos: custos totais (2011).....	111
Tabela 33 – estatística de regressão dos grupos: custos totais (2012).....	113
Tabela 34 – estatística de regressão dos grupos: custos totais (2013).....	114
Tabela 35 – Estatística de regressão dos grupos: custos totais 2014.....	116
Tabela 36 – estatística de regressão dos grupos: custos totais 2015.....	118
Tabela 37 – Custos totais anual no processo de clarificação (R\$) por unidade de volume aduzido (m ³).	121
Tabela 38 – Custos totais anual no processo de produção de água tratada (R\$) por unidade de volume produzido (m ³).	125
Tabela 39 – Comparação dos valores dos custos operacionais para clarificação com o valores dos custos para produção de água tratada.....	128
Tabela 40 – Valores dos percentuais de custos de produtos químicos em relação aos custos totais (R\$).....	131
Tabela 41 - Percentual Anual da média dos custos de produtos químicos em relação turbidez média e comparativo de estudos dos custos com captação no lago.	134
Tabela 42 – Valores de sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹) das sub-bacia ribeirão Taquarussu Pequeno e Grande, no período de 2014 e 2015	139
Tabela 43 – Valores de turbidez (uT) das sub-bacias ribeirão Taquarussu Pequeno e Grande, no período de 2014 e 2015.....	141

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Interpretação do coeficiente de correção de Pearson	92
Quadro 02 – Comparação pareada do teste Tukey.....	100
Quadro 03 – Comparação pareada do teste Tukey.....	100
Quadro 04 – Comparação pareada do teste Tukey.....	101
Quadro 05 – Comparação pareada do teste Tukey.....	101
Quadro 06 – Comparação pareada do teste Tukey.....	102
Quadro 07 – Comparação pareada do teste Tukey.....	103
Quadro 08 – Comparação pareada do teste Tukey.....	103
Quadro 09 – Comparação pareada do teste Tukey.....	104
Quadro 10 – Comparação pareada do teste Tukey.....	104
Quadro 11 – Comparação pareada do teste Tukey.....	105
Quadro 12 – comparação pareada do teste Tukey	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	- Agência Nacional das Águas
ATG	- Alto Taquarussu Grande
ATP	- Alto Taquarussu Pequeno
BTG	- Baixo Taquarussu Grande
BTP	- Baixo Taquarussu Pequeno
CPFL	- Companhia Paulista de Força e Luz
ETA	- Estação de Tratamento de Água
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MTP	- Médio Taquarussu Pequeno
uT	- Unidade de turbidez
PROCEL	- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SAA	- Sistema de Abastecimento de Água
SST	- Sólidos suspensos totais
TCG	- Taxa de crescimento geométrico
TFA	- Tempo de funcionamento anual
TFM	- Tempo de funcionamento mensal
UHE	- Usina Hidrelétrica Lajeado
100	- referência ao percentual
Cc	- custos com cal hidratada (R\$)
Ccl	- custos com cloro (R\$)
CcT	- custos com cal hidratada por unidade de turbidez (R\$/ uT)
CcVa	- custos com cal hidratada por unidade volume aduzido (R\$/m ³)
Ce	- custos com energia (R\$)
CeVa	- custos energia por unidade de volume aduzido (R\$/m ³)
Cf	- custos com fluor (R\$)
Cp	- custos com pessoal (R\$)
Cpq	- Custos totais com produtos químicos (R\$)
CpVa	- Custos com pessoal por unidade de volume aduzido (R\$/m ³)
Cs	- Custos com sulfato de alumínio (R\$)
Csc	- Quantidade consumida de cal hidratada (Kg)

CscT	- Consumo de cal hidratada por unidade de turbidez máxima (Kg/ uT)
CscVa	- Consumo de cal hidratada por unidade volume aduzido (Kg/m ³)
Css	- Quantidade consumida de sulfato de alumínio (Kg)
CssT	- consumo de sulfato de alumínio por unidade de turbidez máxima (Kg/ uT)
CssVa	- Consumo de sulfato de alumínio por unidade volume aduzido (Kg/m ³)
CsT	- Custos com sulfato de alumínio unidade de turbidez máxima (R\$/ uT)
CsVa	- Custos com sulfato de alumínio por unidade de volume aduzido (R\$/m ³)
Ct	- Custos totais (R\$)
Ctc	- Custos totais da água clarificada (R\$/m ³)
Ctt	- Custos totais da produção de água tratada (R\$/m ³)
Dp	- (diferença de percentual)
Ppq	- Percentual dos custos dos produtos químicos em relação aos custos totais
Va	- Volume Aduzido (m ³)
Vp	- Volume produzido (m ³)
T	- Turbidez máxima (uT)
Css1	- Consumo de sulfato de alumínio em 2010
Css2	- Consumo de sulfato de alumínio em 2009

LISTA DE SIMBOLOS

β_0	- Coeficiente de interseção
β_1	- Coeficiente efetivo dos custos de pessoal
β_2	- Coeficiente efetivo dos custos energia elétrica
β_3	- Coeficiente efetivo dos custos com sulfato de alumínio
β_4	- Coeficiente efetivo dos custos com cal hidratada
n	- número de indivíduos
Y_i	observação da variável dependente ou explicada para o i-ésimo indivíduo
X_i	- $(x1i, x2i, \dots, xki)'$ - um vetor de observações das variáveis independentes para o i-ésimo indivíduo
β	- $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$ um vetor de coef. de regressão (parâmetros)
R	- coeficiente de determinação ($0 \leq R^2 \leq 1$)
\hat{y}	- valor observado da variável dependente .
y_i	- valor estimado da variável dependente e média
\bar{y}	- média da variável dependente.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.	25
1.1- Objetivo.	27
2. REVISÃO DE LITERATURA.	28
2.1 - Produtividade e Custos Operacionais no Saneamento Básico.	28
2.2 - Importância da Energia para os Sistemas Operacionais de Tratamento de Água.	29
2.3 - A Importância da Conservação de Mananciais.....	30
2.4 - Importância da Remoção da Turbidez na Estação de Tratamento de Água.....	31
2.5 - Coeficiente de Correlação Linear de Pearson.	31
2.6 - Fundamentos Estatístico para Análise de Dados (ANOVA).....	34
2.7 - Teste de Tukey para Comparação das Médias para Identificar Tratamentos.....	35
2.8 - Regressão Múltipla.....	36
3. METODOLOGIA.	40
3.1 - Área de Estudo.	40
3.1.1 - Caracterização da ETA 6 (Sistema convencional).....	41
3.2 - Estratégia Metodológica.....	43
3.3 - Identificação dos Custos Operacionais.....	44
3.3.1 – Relação do quociente dos custos de energia elétrica com volume Aduzido.	44
3.3.2 – Relação do quociente entre os custos e consumos de produtos químicos pelo volume aduzido (m ³).....	45

3.3.3 - Relação do quociente entre custos e consumos de produtos químicos pela turbidez (uT).....	47
3.3.4 – Relação do quociente entre custos (R\$) com pessoal por volume aduzido (m³)...	48
3.3.5 – Comparativos da diferença de percentuais ponderados com a turbidez média, entre os anos 2009 a 2015.	49
3.4 - Ferramentas Estatísticas.	50
3.4.1 - Coeficiente de correlação linear de Pearson.	50
3.4.2 - ANOVA	50
3.4.2.1 - Comparações múltiplas em Anova e Procedimento teste Tukey.	51
3.4.3 - Regressão linear múltiplas e definição do coeficiente de determinação.....	51
3.5 - Custos Totais dos Processos	52
3.5.1 - Identificação dos custos totais de operação da ETA 6.....	52
3.5.1.1 – Cálculos dos custos totais para clarificação da água (R\$/m³).....	53
3.5.1.2 – Cálculos dos custos totais da produção da água tratada (R\$/m³).....	54
3.5.1.3 – Identificação do percentual dos custos dos produtos químicos em relação aos custos totais.	54
3.6 - Contribuição da turbidez afluyente da bacia do Ribeirão Taquaruçu para o Processo de Tratamento de água – ETA 6.....	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1 - Relação do quociente entre os custos das variáveis energia elétrica e produtos químicos (R\$) por volume aduzido (m³).	57
4.1.1 - Relação do quociente dos custos anual de energia (R\$) por volume aduzido (m³).	57
4.1.2 - Relação do quociente dos custos anual de cal hidratada (R\$) por unidade de volume aduzido (m³).....	59

4.1.3 - Relação do quociente dos custos anual de sulfato de alumínio (R\$) por unidade de volume aduzido (m ³).....	60
4.2 - Relação do quociente entre os custos das variáveis produtos químicos (R\$) por turbidez máxima (uT).....	62
4.2.1 - Relação do quociente entre os custos anual de cal hidratada (kg) por turbidez máxima (uT)	62
4.2.2 - Relação do quociente entre os custos anual de sulfato de alumínio (kg) por turbidez máxima (uT).....	65
4.3 - Relação do quociente entre os consumos de produtos químicos por turbidez máxima (uT).....	67
4.3.1 - Relação do quociente entre o consumo anual de cal hidratada (kg) por turbidez máxima (uT).....	67
4.3.2 - Relação do quociente entre os consumos anual de sulfato de alumínio (kg) por turbidez máxima (uT).....	70
4.4 - Comparativo da diferença de percentual do desempenho do processo operacional ponderados com a turbidez média.	72
4.4.1 - Comparativo da diferença de percentual do consumo anual de cal hidratada e do sulfato de alumínio (kg) ponderados com a turbidez média (uT).....	72
4.4.2 - Comparativo diferença de percentual do custo anual de cal hidratada e do sulfato de alumínio (R\$) ponderados com a turbidez média (uT).....	76
4.4.3 - Comparativo da diferença de percentuais do volume aduzido (m ³) ponderado com turbidez média (uT).....	81
4.4.4 - Comparativo da diferença de percentuais dos custos de energia (R\$) ponderado com turbidez.....	84

4.4.5 - Comparativo da diferença de percentuais dos custos totais (R\$) ponderados com a turbidez média (uT).	87
4.5 - Coeficiente de correlação de Pearson.	91
4.5.1 - Correlação de Pearson da turbidez com variáveis de processo (Pearson).	91
4.5.2 – Correlação de Pearson dos custos e consumos da cal hidratada, para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e mínima para o custo no processo operacional.	94
4.5.3 – Correlação de Pearson dos custos e consumos de sulfato de alumínio, para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e mínima para os custos no processo.	95
4.5.4 - Correlações de Pearson não significativas.	95
4.5.4.1- Correlação de Pearson dos custos com energia (R\$), para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e/ou mínima para o processo operacional.	96
4.5.4.2 - Correlação de Pearson com tempo de funcionamento para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e/ou mínima para o processo operacional.	96
4.5.4.3 - Correlação de Pearson do volume aduzido, para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e/ou mínima para o processo operacional.	97
4.5.4.4 - Correlação de Pearson dos custos totais, para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e/ou mínima para o processo operacional.	98
4.6 - Estudo da variância dos componentes do processo, utilizando método ANOVA e comparação pareadas com teste Tukey.	98
4.6.1 - Para componentes custos com sulfato de alumínio (R\$).	99
4.6.2 - Para componentes custos com cal hidratada (R\$).	100
4.6.3 - Para componente custos de energia (R\$).	100
4.6.4 - Para componente de volume aduzido (m ³).	101
4.6.5 - Para componente de consumos de sulfato de alumínio (Kg).	102
4.6.6 - Para componente de custos com pessoal (R\$).	102
4.6.7 - Para componente de custos totais (R\$).	103

4.6.8 - Para componente de consumo de cal hidratada (Kg).....	103
4.6.9 - Para componente de turbidez máxima.	104
4.6.10 - Para componente de turbidez média (uT).	105
4.6.11 - Para componente de turbidez mínima.	105
4.7 - Definição do coeficiente de determinação dos custos por meio de regressão linear múltipla.....	106
4.7.1 - Regressão múltipla para fatores custos totais, referente ao período de 2010 a 2015.....	107
4.7.2 - Regressão múltipla em função do fator custos totais referente ao ano 2010.....	109
4.7.3 - Regressão múltipla em função do fator custos total referente ao ano 2011.....	111
4.7.4 - Regressão múltipla em função do fator dos custos totais referente ao ano 2012.....	112
4.7.5 - Regressão múltipla em função do fator custos total referente ao ano 2013.....	114
4.7.6 - Regressão múltipla em função do fator custos totais referente ao ano 2014.	116
4.7.7 - Regressão múltipla em função do fator custos totais referente ao ano 2015.	118
4.8 - Identificação dos custos totais anual para clarificação da água (R\$/m ³).....	120
4.9 - Identificação dos custos totais anual para produção de água tratada (R\$/m ³).....	123
4.10 - Comparação dos custos totais da etapa de clarificação com a etapa de produção de água tratada.....	127
4.11 - Parcela do percentual dos custos com produtos químicos em relação aos custos totais (R\$).....	130
4.12 - Aspectos ambientais que influenciam nos custos operacionais da ETA 6.....	132

4.12.1- Percentuais dos custos com produtos químicos em função da qualidade da água bruta (turbidez média (uT)).	133
4.12.2 – Cenário do aspecto disponibilidade hídrica do Ribeirão Taquarussu, comparando com a turbidez média (uT).....	135
4.13 - Contribuição da turbidez afluyente da sub-bacia do ribeirão Taquarussu para o processo de tratamento.	138
4.13.1 - Comparativos de sólidos suspensos totais entre os anos 2014 E 2015.	138
4.13.2 - Comparativos de turbidez do Ribeirão Taquarussu entre os anos 2014 e 2015.	140
4.13.3 - Correlação de Pearson dos sólidos suspensos totais x turbidez 2014 e 2015. ...	141
5. CONCLUSÕES.....	144
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
7. APÊNDICE	155

1. INTRODUÇÃO.

O avanço das fronteiras urbanas em função do crescimento desordenado da população, contíguo com o desenvolvimento econômico e a intensificação das atividades de caráter poluidor, tem provocado o comprometimento do uso dos recursos naturais, dentre eles a água. Consequentes danos ambientais mostram problemas relacionados à falta de água, tanto em quantidade quanto em qualidade, podendo colocar em risco a sobrevivência dos ecossistemas e das pessoas (OLIVEIRA, 2003).

A ocupação demográfica e a distribuição geográfica de água fosse uniforme, as reservas limitadas de água doce atualmente disponíveis seriam suficientes para satisfazer a demanda do planeta. Porém essas heterogeneidades causam pressões sobre os recursos hídricos agravando-se à medida que o nível de vida intelectual e econômico da população aumenta, sendo já verificadas grandes desigualdades nos consumos médios per capita, os quais oscilam entre 600 L hab-1 dia-1 nos Estados Unidos a 30 L hab-1 dia-1 em alguns países africanos e, no Brasil os projetos são estimados entre 150 a 200 L hab-1 dia-1 (CUNHA, 2003).

Tais pressões sobre os recursos hídricos, levam diretamente a impactos nos custos da operação dos sistemas de abastecimento de água, onerando assim os valores praticados diretamente ao consumidor. Outro fator a se levar em consideração é o crescimento populacional na capital do Estado do Tocantins, assumindo assim a capital com a maior taxa de crescimento geométrico 2.91%, no período de 2013 a 2014, seguida de Brasília 2,25% e Macapá com 2,17% divulgada no diário oficial da União no dia 28/08/2014 (IBGE, 2014).

A intensificação das atividades econômicas com desmatamento, agricultura com práticas inadequadas, erosão do solo, poluição dos cursos d'água construções de ruas, avenidas, estradas e sistema de galerias pluviais, tem gerado impactos que afetam a qualidade e disponibilidade das águas dos mananciais, principalmente das bacias do entorno do município de Palmas, influenciando preponderantemente inclusive na qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica - UHE Lajeado.

A Agenda 21 destaca que boa parte desses problemas decorre de um modelo de desenvolvimento que é ambientalmente insustentável e da falta de educação do público sobre a proteção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Esse crescimento populacional, é inversamente proporcional à disponibilidade de água ao ponto dos sistemas operacionais encontrar-se com sua capacidade instalada de produção maior do que a disponibilidade de

água, forçando assim a busca por outras alternativas, como no caso da ETA 6, o incremento da vazão é suprida pelo lago da Usina Luís Eduardo Magalhães.

A preservação de fontes de águas limpas e seguras para suprimento das demandas é uma prioridade crescente em decorrência da poluição generalizada. Contudo são necessárias ferramentas sustentáveis, políticas efetivas que identifiquem, registrem e reduzam os riscos iminentes, resultantes da ocupação humana dessas bacias assim como assegurar saúde humana e ambiental à sociedade, são desafios a serem assumidos pelas autoridades governamentais e pela sociedade (REIS, 2005).

Conforme Reis (2005), a crescente contribuição de materiais em suspensão na água podem produzir aumento da turbidez, cor aparente, redução da zona eutrófica; redução da concentração de oxigênio dissolvido; redução da produção primária de fitoplâncton; mortalidade em massa de macrófitas e peixes. As fontes mais significativas são os sedimentos produzidos pela erosão do solo, principalmente decorrentes das ações antrópicas, carreados no período chuvoso para o leito do manancial, refletindo em consequências drásticas destas modificações, o assoreamento dos mananciais.

Para alcançar condições de baixo risco e produzir água com qualidade satisfatória o sistema de abastecimento de água necessita de uma etapa de tratamento e progressivamente, remover os contaminantes e assim promover máxima proteção contra agentes de veiculação hídrica (NASCIMENTO, 2013).

Segundo Randhir *et al.* (2001) o gerenciamento da qualidade da água por meio de unidades de bacias hidrográficas é importante para a proteção de mananciais de abastecimento. Ao confrontar os custos de tratamento de água para abastecimento público com o custo necessário para o desenvolvimento de soluções entre usuários da bacia, reforça-se a necessidade de desenvolver esta última solução.

Para alcançar resultados favoráveis contrapondo as questões ambientais desfavoráveis, a gestão de custos deve ser considerada como segmento fundamental às organizações, dada a sua contribuição em: Atender aos conceitos de transparência no controle dos gastos no orçamento, possibilitar a avaliação do desempenho fiscal (receitas) e orçamentário (gastos correntes e dos investimentos), contribuir com a elaboração e análise de projetos de

investimentos, promover indicadores de controle quantitativo e qualitativo dos produtos e serviços, bem como atender com eficiência as demandas da comunidade e associar aos sistemas planejado, acompanhamento e avaliação da eficiência e eficácia operacional (PAGNANI, et al., 2009)

Segundo Alvim (2007) para minimizar a competitividade entre redução de disponibilidade hídrica, e o aumento da demanda no abastecimento da população a gestão dos custos inerentes às atividades dos processos de saneamento se faz essencial, e a melhor maneira de se reduzir custos é melhorando controle dos processos.

1.1- Objetivo.

Este trabalho tem como objetivo analisar os custos operacionais para tratamento de água em função da degradação ambiental, tendo como estudo de caso a Estação de Tratamento de Água - ETA 006, da cidade de Palmas Tocantins.

2. REVISÃO DE LITERATURA.

2.1 - Produtividade e Custos Operacionais no Saneamento Básico.

A perseverança pela constante busca do ganho de produtividade e redução de custos operacionais sem perder a perspectiva com o constante momento de conflito apresentado pelo cenário do saneamento nacional, face voltada à universalização, forçado à contínua missão de produzir água tratada, com a escassez de disponibilidade hídrica, arregimenta aos desafios de estimular o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas ferramentas e métodos que auxiliem a tomada de decisão na rotina de trabalho de planejamento da unidade operacional de produção de água tratada

Segundo Pizaia (2008) geralmente, “custos podem ser definidos como medidas monetárias dos sacrifícios com os quais uma organização tem que arcar a fim de atingir seus objetivos”.

Tundisi (2006) afirma que por meio da análise dos custos da produção de água potável pelos sistemas de tratamento, pode-se chegar aos custos dos impactos ambientais. A medida que os recursos hídricos superficiais ou subterrâneos são degradados, os custos do tratamento aumentam, bem como ser necessário mais investimento em tecnologia para produzir água potável.

O panorama dinâmico, onde as empresas estão inseridas promove um aumento da competição e de consumidores mais exigentes. Diante do cenário econômico, os maiores desafios para a gestão empresarial é alcançar a produção, sem perdas de eficiência e produtividade aliado a uma gestão de custos. Portanto, constitui-se de fundamental importância para a organização o planejamento e controle de seus negócios, para garantir a sobrevivência das empresas em mercados altamente competitivos (VILANOVA e RIBEIRO, 2011).

Contudo, um sistema de produção é promovido pelo conjunto de partes que operam em harmonia, transformando insumos ou matérias-primas em produtos ou serviços. Sistema este, complexo em alguns casos, e em outros simplificados dependendo da análise desse sistema (MOREIRA, 1991).

A produtividade é resultado da efetiva aproveitamento dos funcionários, máquinas, da matéria-prima, da energia e os combustíveis consumidos, conseguindo os resultados desejados com os menores custos (NEUMANN, 2004).

Com o conceito de produtividade definido, pode-se afirmar que “No domínio empresarial, pode-se analisar a produtividade dos diversos setores da empresa” (NOVAES, 2001).

Os estudos sobre produtividade podem ser realizados com base em várias linhas de pensamentos. Entre tais linhas, três se destacam: i) o enfoque da engenharia, no qual os estudos buscam mostrar os efeitos sobre a produtividade dos métodos e técnicas usados pelos engenheiros, sendo o centro de atenção a forma como as tarefas são realizadas; ii) o enfoque dos recursos humanos, em que os estudos se concentram em mostrar as condições de trabalho e a maneira como as relações humanas afetam a produtividade, sendo as pessoas o centro das atenções; iii) o enfoque da economia, que se concentra em variáveis mais agregadas, ou seja, vai além da empresa individual. (ANDRADE APUD MOREIRA, 1988)

Mello e Slomski (2005) conduziram pesquisas em 22 municípios no Estado do Paraná e não identificaram em nenhuma, mecanismo de avaliação de custo, contudo, apenas 13,5% estavam em fase inicial ou intermediária de discussão de quais métodos seria o mais apropriado ser utilizado.

Vignoli *et al.* (2002) apontam a necessidade de se optar por estrutura inicialmente mais simples e planejar a implantação progressivamente, definindo primeiramente, quais unidades necessitam de ações não muito complexas.

Nos Estados Unidos a preocupação em medir a produtividade e conhecer os custos operacionais é desde o final do século passado, desenvolvendo diversos sistemas para essa finalidade, iniciando suas primeiras tentativas na *Bureau of Labor Statistics* (Agência do Departamento do Trabalho norte-americano), (BONIN, 2000).

2.2 - Importância da Energia para os Sistemas Operacionais de Tratamento de Água.

Segundo SNIS (2009), EPE (2008) e Moura (2010) a energia elétrica é um indispensável insumo nos Sistemas de Abastecimento de Água - (SAA), pois é necessária para bombear, transportar, tratar e distribuir a água. Sendo considerada a segunda maior despesa dos SAA. O consumo de energia elétrica nos SAA representou em 2006, 2% de toda a eletricidade consumida no Brasil.

Moura (2010) ressalta ainda que as perdas na distribuição dos SAA no Brasil são bastante significativas e conseqüentemente, existe grande desperdício de eletricidade.

A necessidade de maximização do potencial dos recursos de água e energia existentes é de suma importância devido ao aumento de demanda e à redução da quantidade média de água renovável por pessoa no mundo. Os incentivos para uso mais eficiente deste recurso são traduzidos em inúmeros programas em desenvolvimento pelas empresas do setor: gestão de custos (insumos de tratamento, energia elétrica, manutenção); gestão de perdas; manutenções preventivas (extensão da vida útil dos equipamentos e redução da deterioração dos sistemas) e gestão ambiental, entre outros (SILVA e MIKOSVSK, 2005)

CPFL (2016) conceitua que entre as 18 e 21 horas, o consumo de energia elétrica é muito mais alto do que nos outros horários. Isso porque estão funcionando ao mesmo tempo, além das fábricas, a iluminação pública, a iluminação residencial, vários eletrodomésticos e a maioria dos chuveiros. Esse é o chamado horário de pico (horário de ponta) de consumo de energia elétrica. Por essa razão, a CPFL e o Governo Federal por meio do PROCEL, Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, desenvolveram uma série de projetos junto às indústrias e aos grandes consumidores, para diminuir o consumo nesse horário.

2.3 - A Importância da Conservação de Mananciais.

A bacia hidrográfica é definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes e o seu estudo é essencial para se conhecer o ciclo hidrológico na fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial (ARAÚJO et al, 2009).

Considera-se que as ações humanas vêm impondo, acelerada deterioração das características física, químicas e biológicas, dos sistemas hídricos, apesar de importantes para a manutenção da vida, resultando na atual crise mundial, na qual grande parte da água doce do planeta apresenta algum tipo de contaminação, promovendo riscos à saúde da população em geral. Torna-se preocupante, já que a isso se relacionam uma série de impactos ambientais, como: ocupação de áreas proibidas, uso desordenado da água, supressão de matas ciliares, sedimentação, assoreamento, construção de barragens, desvios de cursos d'água, erosão,

contaminação, impermeabilização, compactação, dentre outros impactos, afetando irreversivelmente o ciclo da água e o clima (ARAUJO *et al.*, 2005).

2.4 - Importância da Remoção da Turbidez na Estação de Tratamento de Água.

Conforme Daniel (2001) a eficiência da desinfecção está diretamente relacionada com a remoção da turbidez, já que partículas suspensas serve de carapaças de proteção aos microrganismos, impedindo assim a eficácia dos agentes desinfetantes, característica também conhecida como escudo.

A cor e a turbidez se define não apenas por um parâmetro visual, porém mas sanitário. Braga, 2014 e Viana et al. 2013, afirmam que “quanto maior a remoção de turbidez maior a eliminação dos protozoários do meio, sendo indicadores de remoção de cistos de *Giardia*, e de oocistos de *Cryptosporidium*”. A turbidez é constituída pela porção da matéria suspensa na água, representada por argila, areia, silte, plânctons, dentre outros. A turbidez da água bruta é influenciada pelas chuvas na região do manancial e pela vegetação da bacia hidrográfica. Períodos chuvosos e áreas degradadas potencializa a turbidez nos mananciais.

2.5 - Coeficiente de Correlação Linear de Pearson.

Assumindo cada métrica monitorada como uma variável aleatória, uma maneira de mensurar a correlação entre duas métricas X e Y é calcular o coeficiente de correlação de Pearson. O coeficiente de Pearson é definido como a razão entre a covariância e os desvios padrão.

O coeficiente de Pearson mede o quanto as métricas X e Y estão linearmente relacionadas. Um coeficiente com valor igual a 1 indica um relacionamento linear direto, enquanto o valor -1 determina um relacionamento linear inverso. O valor zero indica que não existe correlação linear entre as métricas. Para os demais valores, quanto mais próximo de zero for o valor absoluto do coeficiente, mais fraca será a correlação linear entre as duas métricas. Analogamente, quanto mais próximo de 1 (ou -1, no caso das correlações negativas), mais forte será a correlação (LORD e NOVICK, 1967), (FERGUSON, 1976) e (WHERRY, 1984).

Garson (2009) afirma que correlação “é uma medida de associação bivariada (força) do grau de relacionamento entre duas variáveis”. Para Moore (2007), “A correlação mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas”.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis a expressão trabalhada algebricamente pode adquirir o formato mais usado nos livros didáticos, conforme a equação 1.0, (LEVIN, 2004).

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (1.0)$$

Em que:

n quantidade de pares ordenados da amostra

\sum soma dos itens indicados

$\sum x$ soma dos valores de x

$\sum x^2$ Indica a soma de cada valor de x elevada ao quadrado

$(\sum x)^2$ Indica a soma dos valores de x elevada ao quadrado

$\sum xy$ Indica a somatória do produto xy

Moore e McCabe (2004) destacam as propriedades do coeficiente e as condições que precisam ser satisfeitas para realizar a análise de correlação de Pearson (r). Portanto, as observações são as seguintes:

- O coeficiente de correlação de Pearson não diferencia entre variáveis independentes e variáveis dependentes. Schield (1995) lembra que a correlação não se aplica a distinção de causalidades simples ou recursiva. Ou seja, por ela dificilmente pode-se afirmar quem varia em função de quem. Simplesmente pode-se dizer que há semelhanças entre a distribuição dos escores das variáveis.

- O valor da correlação não muda ao se alterar a unidade de mensuração das variáveis. Por ser tratar de uma medida padronizada, o valor da correlação entre quilos e litros será o mesmo caso o pesquisador utilize toneladas e mililitros.
- O coeficiente tem um caráter adimensional, ou seja, ele é desprovido de unidade física que o defina. Não faz sentido interpretar uma correlação de 0,3 como sendo 30%, por exemplo. Logo, Chen e Popovic (2002) uma correlação de 0,4 não pode ser interpretada como representando o dobro de uma correlação de 0,2.

Algumas condições precisam ser satisfeitas, como:

- A correlação exige que as variáveis sejam quantitativas (contínuas ou discretas).
- Os valores observados precisam estar normalmente distribuídos.
- Faz-se necessário uma análise de outliers, o coeficiente de correlação é fortemente afetado pela presença deles o que tende a distorcer o valor da média e, por consequência, o valor do coeficiente de correlação.
- Faz-se necessária a independência das observações, ou seja, a ocorrência de uma observação X1 não influencia a ocorrência de outra observação X2.
- Para Osborne e Waters (2002), a violação desses pressupostos pode comprometer os resultados, levando o pesquisador a cometer os erros do tipo I ou tipo II. O erro do tipo I consiste em concluir que a hipótese nula é falsa quando ela é verdadeira. O erro do tipo II consiste em concluir que a hipótese nula é verdadeira quando ela é falsa.
- O valor do coeficiente pode variar de -1 a +1, e quanto mais próximo destes valores, mais forte é a associação das variáveis investigadas. O escore zero desse coeficiente indica ausência de correlação (AYRES *et al.*, 2007).

2.6 - Fundamentos Estatístico para Análise de Dados (ANOVA).

A análise de correlação é uma ferramenta importante para as diferentes áreas do conhecimento, não somente como resultado final, mas como uma das etapas para a utilização de outras técnicas de análise.

Para o estudo proposto, aplicou-se a ferramenta estatística de análise de variância, ANOVA, a fim de efetuar a comparação entre os valores médios obtidos em cada posição de medição.

Segundo Montgomery (2009) a ANOVA compreende um planejamento experimental de um fator. Um experimento planejado é um teste - ou uma série de testes - onde mudanças propositalmente são feitas em variáveis de entrada de um processo de modo a se observar mudanças correspondentes nas variáveis de saída. E que os experimentos fatoriais são utilizados quando se deseja tratar dois fatores simultaneamente para o conhecimento de níveis ótimos de operação de cada fator. Já quando existem vários fatores de interesse em um experimento, um planejamento fatorial se faz necessário. Nesse caso, todas as combinações possíveis dos níveis dos fatores estudados devem ser promovidas no experimento. O efeito de um fator é definido como a mudança no nível do fator.

Conforme Fávero (2009) a Anova (*Analysis of Variance*) é uma extensão do teste t de *Student*, e é utilizada para comparar duas médias independentes. Hair *et al.*, (2005) afirmam que a Anova é usada para avaliar as diferenças estatísticas entre as médias de dois ou mais grupos. E que a hipótese consiste em testar se as médias das populações são iguais. Assim, cada grupo inclui as observações da variável dependente em uma categoria do fator.

De acordo com Fávero (2009), as suposições da ANOVA são:

- Os valores para cada nível seguem uma distribuição Normal;
- As variâncias são as mesmas para cada nível (Homogeneidade de Variância).

Sabe-se que a ANOVA funciona muito bem mesmo se a suposição de Normalidade for violada, a menos que uma ou mais distribuições sejam altamente assimétricas ou se as variâncias forem muito diferentes.

Segundo Triola (2005) há três suposições básicas que devem ser satisfeitas para que se possa aplicar a técnica da Análise de Variância.

- O modelo deve ser aditivo, isto é, os efeitos devem-se somar (não há interação);
- Os erros (eij) devem ter distribuição normal;
- Os erros (eij) devem ser independentes;
- Os erros (eij) devem ter a mesma variância, ou seja, deve existir homocedasticidade.

Para avaliar os pressupostos da ANOVA recorre-se a métodos não paramétricos, essa designação “Métodos ou Testes não Paramétricos” deve-se ao fato de estes não terem a pretensão de testar ou estimar parâmetros de uma dada distribuição, mas sim estudar o ajustamento de certas funções aos dados, averiguar a independência ou comparar duas ou mais distribuições (OLIVEIRA, T., 2004).

2.7 - Teste de Tukey para Comparação das Médias para Identificar Tratamentos.

O objetivo de uma pesquisa se depara, em geral, com a necessidade de adotar as análises estatísticas como ferramentas para avaliação de suas hipóteses. Para testar as hipóteses, utiliza-se a análise de variância preliminar, por meio do teste F, que permite avaliar se H_0 (hipótese de nulidade) será rejeitada ou não. Portanto, permite verificar se existe ou não diferenças entre os parâmetros estudados, todavia, não possibilita descobrir onde estão essas diferenças (BORGES e FERREIRA, 2003; ANDRADE *et al.*, 2011).

Se a hipótese de nulidade (H_0) for rejeitada, pode-se admitir que, pelo menos, uma das médias é diferente das demais e, portanto há diferença significativa entre os tratamentos (FONSECA *et al.*, 1982).

Assim, o pesquisador pode estar interessado em identificar quais médias diferem entre si e avaliar a magnitude destas diferenças e, para isso precisa de um método que forneça a diferença mínima significativa entre duas médias (VIEIRA *et al.*, 1989 e ANJOS, 2008).

De forma geral, os testes podem apresentar três tipos de erros que induzem a decisão incorreta (HARTER, 1957).

O erro tipo I é cometido quando assume-se que as médias são diferentes, quando na verdade elas são iguais. O erro tipo II é cometido quando as médias são diferentes e afirma-se que são iguais. Comete-se o erro tipo III quando se toma uma decisão inversa a real, a média Y_1 é maior que a Y_2 e toma-se que Y_2 é maior que Y_1 (PIGNATARO, 1982).

Uma característica desejável é que os testes apresentem controle da taxa de erro tipo I, que afirmem haver diferença entre os tratamentos, quando, na realidade, as diferenças são causadas pelo acaso. A probabilidade máxima de se rejeitar erroneamente uma hipótese nula (H_0) é determinada pelo nível de significância do teste e fundamenta o erro tipo I, sendo comumente utilizado o nível de 5% de probabilidade (SOUSA *et al.*, 2012).

O teste de Tukey, baseado na amplitude total estudentizada é um teste de comparação múltipla entre todas as médias dos tratamentos tomadas duas a duas e, portanto, pode ser utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamentos, ou seja, não permite comparar grupos entre si. Esse teste é considerado o mais utilizado por ser bastante rigoroso, exato e de uso muito simples quando o número de repetições é o mesmo para todos os tratamentos. No caso de os números de repetições serem diferentes, ainda assim o teste de Tukey pode ser aplicado com algumas adaptações, mas então é preciso ressaltar que o teste torna-se apenas aproximado, e não mais exato (CARDELLINO e SIEWERDT, 1992; PIMENTEL GOMES, 2000; OLIVEIRA, 2008; ANJOS, 2008).

O teste baseia-se na Diferença Mínima Significativa (DMS), onde se deve determinar um nível de significância α . Normalmente, utiliza-se o nível de 5% ou 1% de significância (ANJOS, 2008).

2.8 - Regressão Múltipla

O procedimento apropriado para discriminar a variação entre os contrastes de interesse deve ser realizado de acordo com o objetivo experimental e com o tipo de fator em estudo. Para experimentos onde o pesquisador desejar medir os efeitos dos tratamentos de fatores quantitativos, com pelo menos três níveis, recomenda-se o ajustamento de equações de

regressão (PIMENTEL-GOMES, 1984; BORGES e FERREIRA, 2003; BERTOLDO *et al.*, 2008).

Segundo Montgomery *et al.*, (2001) a análise de regressão linear “é uma técnica estatística para modelar e investigar a relação entre variáveis”. Weisberg (2005) defende que a regressão, assim como a maioria das técnicas estatísticas, tem como meta sumarizar os dados observados da forma mais simples, útil e elegante possível. Hair (1998) Gujarati (2000) Neter *et al.* (2005) e Naghettini e Pinto (2007) afirmam que a análise de regressão múltipla estuda a dependência da característica de interesse, em relação a uma ou mais variáveis de resposta, com o objetivo de estimar o valor médio da característica de interesse em função dos valores conhecidos das variáveis de controle ou explicativas (independentes). Muitas vezes as variáveis explicativas são também chamadas variáveis de predição, devido à sua utilização para se prever y .

Nesse sentido, a aplicação da regressão linear múltipla é uma ferramenta importante visto que permite estimar o valor de uma variável com base num conjunto de outras variáveis, sendo que, quanto mais significativo for o “peso” de uma variável isolada, ou de um conjunto de variáveis explicativas, tanto mais se poderá afirmar que essa variável ou conjunto de variáveis afetam mais o comportamento da variável explicada, do que outras (KAZNAR e GONÇALVES, 2007).

Conforme Montgomery *et al.*, (2001) e Levine *et al.*, (2005) o modelo de regressão linear múltipla com k variáveis de controle é representado pela equação 2.0 a seguir:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + E_i \quad i = 1, \dots, n \quad (2.0)$$

Onde:

n é o número de indivíduos;

y_i é a observação da variável dependente ou explicada para o i -ésimo indivíduo;

$x_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki})'$ é um vetor de observações das variáveis independentes para o i -ésimo indivíduo;

$\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$ é um vetor de coeficientes de regressão (parâmetros);

E_i é um componente de erro aleatório em y .

Segundo Gujarati (2000) e Montgomery *et al.*, (2001) o coeficiente de regressão β_0 , chamado de coeficiente de intercepto ou termo independente de variável, corresponde à média de y_i quando todas as variáveis de controle são iguais a zero e, os coeficientes β_1, \dots, β_k são chamados de coeficientes de regressão parciais. Soares (2011) afirma que o coeficiente β_k pode ser interpretado como a derivada parcial de y_i em relação à x_{ki} , ou seja, é variação de y_i causada por uma variação unitária em x_k dado que as outras variáveis de controle sejam mantidas constantes.

A análise de variância (ANOVA) é utilizada para o teste de significância da regressão para verificar a existência de relação linear entre a característica de interesse y e um subconjunto de variáveis de controle (MONTGOMERY *et al.*; 2001; NETER *et al.*, 2005), ou seja, testa a hipótese de que os coeficientes (β) das variáveis são iguais ou diferentes de zero (MAZULO, 2015). O teste de significância de regressão pode ser representado pelas seguintes hipóteses para número n de variáveis preditoras, conforme as equações 3.0 e 4.0 (SOARES, 2011; MAZULO, 2015):

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0 \quad (3.0)$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0; \beta_2 \neq 0 \dots ; \beta_k \neq 0 \quad (4.0)$$

Para saber a influência das variáveis independentes ou sobre a dependente, deve-se obter resultados que rejeitem a hipótese inicial (H_0), que implica que pelo menos uma das variáveis de controle é estatisticamente significativa, pois se coeficientes β das variáveis independentes forem nulos, estas não influenciaram na predição da variável dependente (MAZULO, 2015).

A verificação da qualidade de uma equação ajustada pode ser realizada por meio do coeficiente de determinação (R^2) da regressão múltipla, conforme a equação 5.0 (CRUZ *et al.*, 2013):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (5.0)$$

Em que:

R^2 é o coeficiente de determinação ($0 \leq R^2 \leq 1$);

y_i é o valor observado da variável dependente;

\hat{y} é o valor estimado da variável dependente e;

\bar{y} é a média da variável dependente.

Conforme Baptistella e Steiner (2006) o coeficiente de determinação múltipla que informa o poder de explicação do modelo em função das p variáveis independentes consideradas é dado por R^2 . Assim, quando o ajuste é bom, o modelo explica boa parte da variação total e, conseqüentemente, o valor de R^2 é próximo de 1, ou seja, o coeficiente de determinação é uma medida da qualidade do ajuste.

3. METODOLOGIA.

3.1 - Área de Estudo.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussu, localiza-se na parte centro-sul do município de Palmas, entre os paralelos 10°10'41" e 10°25'05" de latitude Sul e os meridianos 48°03'46" e 48°18'34" de longitude Oeste de Greenwich, apresenta 438,15743 Km² de área, se estendendo por 29,2 km, como se observa na figura 1.

A nascente do Ribeirão Taquarussu está situada na Serra do Lajeado, onde ocorrem diversas cascatas e balneários de interesse para o ecoturismo, e sua foz se dá no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, junto à área urbana de Palmas (BARROS *et al.*, 2011). Esta bacia hidrográfica é afluente direta do Rio Tocantins.

Seus principais contribuintes pela margem esquerda são o Ribeirão Taquarussu Pequeno, o Córrego Machado e o Córrego Buritizal e pela margem direita são os Córregos Macacão e Tiúba (SANTOS, 2000).

É interceptada pelas rodovias estaduais TO-050, TO-020 e TO- 030 que dão acesso às regiões norte, sul e leste do Estado (SEPLAN, 2004).

No aspecto preservacionista sua área contém uma Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN denominada Bela Vista com 58,11 ha. Além disso, parte do seu território, cerca de 32.817,68 ha, integra a APA Serra do Lajeado e uma pequena porção de 89,68 ha, do Parque Estadual do Lajeado. Essa APA tem como objetivo principal proteger os mananciais que abastecem a cidade de Palmas, bem como ordenar a expansão urbana, próximo à encosta da serra. Aproximadamente 5.185,85 ha consistem em áreas urbanas do município de Palmas e do Distrito de Taquaruçu.

A escolha da bacia do Ribeirão Taquaruçu como unidade de estudo é justificável diante de sua grande importância para o abastecimento público da cidade. Segundo Saneatins (2016) ela é a principal fonte de captação de água para consumo humano do município, sendo responsável por 85 % do abastecimento público da cidade, abrangendo os bairros Taquaralto, Jardins Aurenly I, II, III e IV e, parte da região central de Palmas. Ali também está implantada

a principal estação de tratamento de água da capital (ETA 6), foco deste trabalho, operada pela OA|SANEATINS, atendendo aproximadamente 50 mil famílias.

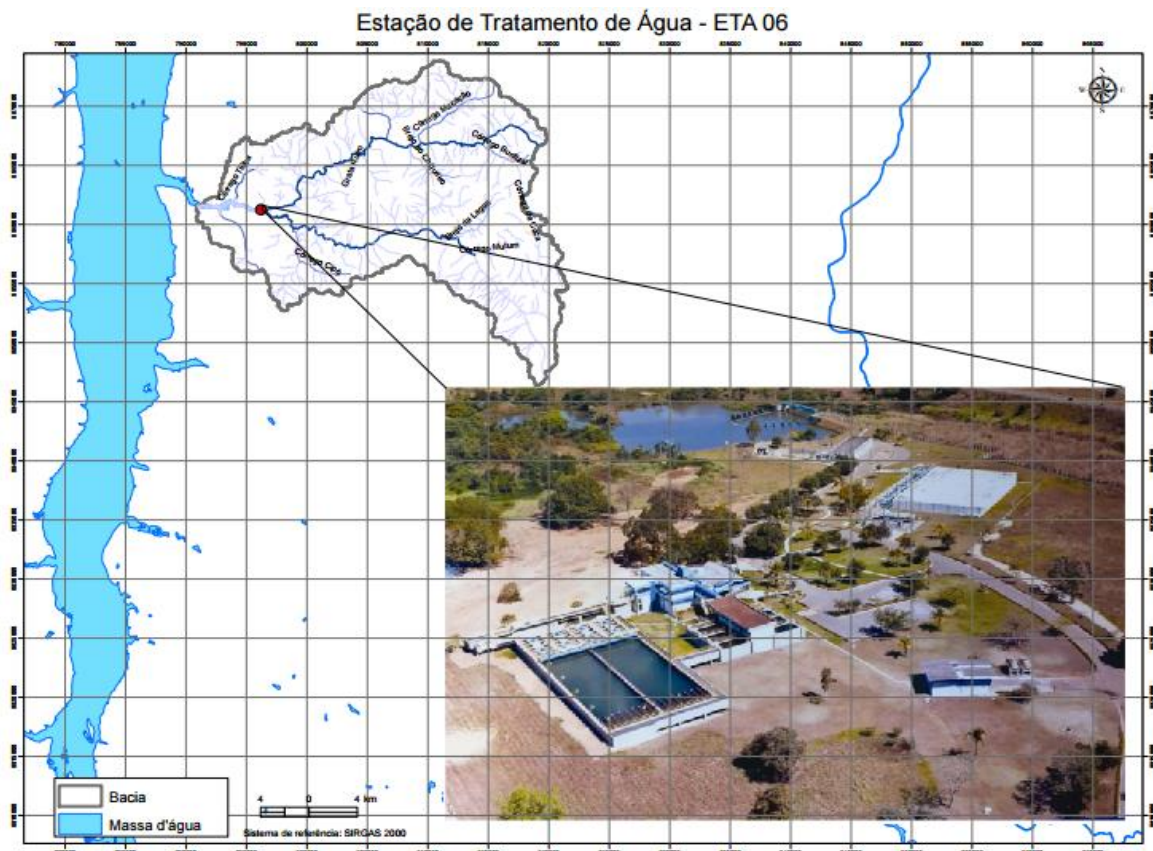


Figura 1 – Localização da ETA 6, na Bacia do Ribeirão Taquarussu. Fonte: Costa (2016) - Foto: Senha Engenharia.

3.1.1 - Caracterização da ETA 6 (Sistema convencional).

De acordo com a SANEATINS (2009) a ETA 6 possui um sistema de tratamento de ciclo completo, composto pelos processos e operações unitárias conforme descrito a seguir:

1. Aplicação de cal, coagulante e mistura rápida: na chegada à estação de tratamento, a água bruta recebe, quando necessário, a aplicação de cal para a correção do pH. Aplica-se o coagulante (Sulfato de Alumínio) ao passar na calha parshall, que provoca a mistura rápida do coagulante à água, e faz-se a medição da água que está entrando na Estação de Tratamento de Água;

2. Floculação: após a mistura rápida ou a coagulação, a água segue para os floculadores que podem ser mecânicos ou hidráulicos (Chicanas), onde, sob efeito do coagulante, por agitação, as partículas juntam-se, formando os flocos;

3. Decantação: depois de passar pelos floculadores, a água floculada entra nos decantadores através de cortinas de distribuição, que regulam sua velocidade de entrada. Nos decantadores (Tanques de Decantação), os flocos, sendo mais pesados que a água, depositam-se no fundo formando uma camada de lodo, que periodicamente é removida através de lavagens ou descargas;

4. Filtração: após a decantação, a água passa pelos filtros onde as partículas e microrganismos que não sedimentaram no decantador ficarão retidos no leito filtrante, que é constituído por camadas de areia que fazem a filtração da água, apoiadas por uma camada de pedregulhos e cascalhos com tamanhos variados (camada suporte). A água passa por gravidade pelo leito filtrante e é recolhida em um canal de água filtrada. Periodicamente os filtros são lavados para remover as partículas retidas no leito filtrante, invertendo-se o fluxo da água;

5. Cloração: uma vez filtrada a água, a desinfecção é realizada pela ação do cloro que elimina os microrganismos remanescentes do tratamento, sendo mantido um teor residual de cloro de acordo com a legislação, suficiente para garantir a potabilidade da água em toda a extensão da rede de distribuição;

6. Correção de pH (Potencial Hidrogeniônico): o pH da água sofre alterações em consequência do tratamento executado. A correção do pH objetiva neutralizar a acidez da água e proteger instalações e tubulações contra a corrosão. Esta correção é realizada com adição de cal hidratada;

7. Fluoretação: consiste na aplicação de dosagens adequadas de um composto de flúor (ácido fluossilícico com teor de flúor de 0,7 mg/l) nas águas a serem distribuídas. A fluoretação previne e reduz a incidência da cárie dentária, especialmente no período de formação dos dentes, que vai da gestação até a faixa dos 14 anos de idade.

3.2 - Estratégia Metodológica

A proposta de uma análise nos custos para tratamento de água, servindo-se de ferramentas matemáticas e de modelos estatísticos, visa identificar o quanto a qualidade do manancial Ribeirão Taquarussu, propriamente dita, quanto ao padrão de turbidez, influencia nestes custos operacionais.

Optou-se por não considerar as despesas para mitigações paliativas como desassoreamento da barragem de acumulação da captação de água bruta, pois não foram computados nos custos operacionais por não conhecer as despesas de todos os anos.

Mediante a este cenário, o trabalho foi desenvolvido em quatro etapas, sendo:

Etapa 1 – Identificação dos custos operacionais

Levantou-se os dados operacionais da concessionária de água no período de Janeiro de 2010 a dezembro de 2015 na frequência mensal dos dados de turbidez de água bruta (uT), (máxima, média e mínima), consumo em quilogramas e custos em reais de sulfato de alumínio e cal hidratada, custos em reais de energia, volume aduzido em metro cúbico, realizando os cálculos dos custos em (R\$/m³).

Posteriormente foram realizados os comparativos da diferença dos percentuais das variáveis, consumo em quilogramas e custos em reais de sulfato de alumínio e cal hidratada, custos em reais de energia, volume aduzido em metro cúbico, entre os anos de 2009 a 2015, buscando estabelecer a relação de desempenho operacional de um ano em relação ao ano anterior, ponderados com a turbidez média.

Etapa 2 – Correlação entre as componentes dos custos.

Compôs as correlações dos custos e consumos ano a ano, com o propósito de identificar a influência da qualidade da água quanto ao parâmetro turbidez, nos custos operacional da ETA 6, onde utilizou as ferramentas estatísticas, *Correlação linear de Pearson, Anova, Tukey e Regressão linear múltipla*, para estabelecer o nível de significância entre as variáveis estudadas com a turbidez.

Etapa 3 – Identificação dos custos total dos processos.

Considera-se os *custos de clarificação* a relação do quociente dos custos de todos os insumos utilizados no processo de clarificação pelo volume aduzido e *custos de produção da água tratada* a relação do quociente dos custos de todos os insumos utilizados para tratamento de água pelo volume produzido na Estação de Tratamento de Água - ETA 6.

Etapa 4 – Verificação do resultado estatístico com dados de campo.

Demonstrar a influência da contribuição da turbidez da bacia do Ribeirão Taquarussu, afluente à ETA 6, referente ao anos 2014 e 2015 e comparar com os resultados obtidos pelas correlações estatísticas.

Com os resultados das análises, as informações obtidas concede parâmetros para diagnosticar o quanto a água do manancial está comprometendo os custos operacionais da ETA 6.

3.3 - Identificação dos Custos Operacionais.

Conhecer os cálculos de custos, constitui-se num instrumento para utilização como ponto de partida para auxiliar nas tomadas de decisão dos gestores a curto prazo, mensurar o quanto está sustentável a rotina e o comportamento do empreendimento, alcançando uma perspectiva a em longo prazo, medindo assim a capacidade das despesas, definindo a viabilidade econômica de tecnologia utilizadas e propor outras alternativas, (CANZIANI, 1999).

O custo final foi definido pela somatória dos custos com pessoal, custos com energia e custos com produtos químicos, pelo volume aduzido, ou seja, quanto custa o metro cúbico de volume aduzido (clarificado) e do volume produzido para definir o quanto custos a produção de água tratada. Após definir os custos da água clarificada e da produção de água tratada, fez a comparação entre ambos custos.

3.3.1 – Relação do quociente dos custos de energia elétrica com volume Aduzido.

Objetiva-se demonstrar os custos mensal de energia, relacionado diretamente com o volume mensal aduzido no horizonte proposto de 6 anos (2010 a 2015). Assim identificar os

custos de energia gastos no processo de produção de água tratada por volume aduzido (R\$/m³).

Enfatiza-se que os custos com energia elétrica, estão contabilizando os custos: na adução de água bruta, processo de tratamento da água, distribuição da água tratada, iluminação de toda planta, e consumo da ETL – Estação de Tratamento de Lodo a partir de 2014. A ETA não possuem valores isolados destes consumos/custos de energia, por possuir uma única unidade consumidora.

Custos de energia elétrica, pela quantidade de água aduzida, foi definida pela equação 6.0:

$$CeVa = Ce / Va \quad (6.0)$$

Em que:

CeVa = custos energia por unidade de volume aduzido (R\$/m³)

Va = Volume Aduzido (m³)

Ce = custos com energia (R\$)

3.3.2 – Relação do quociente entre os custos e consumos de produtos químicos pelo volume aduzido (m³).

Para as relações foram distinguidos os conceitos consumos que refere ao quanto de produto foram utilizados e custos o quanto financeiramente foi gasto para aquisição dos produtos.

Para mensuração dos fatores consumo e custos dos produtos químicos, calculou-se os consumos mensal em quilogramas e os custos mensal em reais do sulfato de alumínio e da Cal hidratada, por unidade de volume de água aduzida em metro cúbicos , adotando “modelos matemáticos analítico entre o quociente dos fatores envolvidos” que estabelecem com precisão as quantidades consumidas, custos por unidade de volume aduzido, e a ponderação do

percentual dos custos dos produtos químicos com os custos totais. Conceitua-se portanto, o comportamento financeiro e de eficácia da unidade operacional.

Quanto mais nutrientes e poluído o manancial se apresenta, mais exigente será para o processo de tratamento e, portanto, mais oneroso será a água para o consumidor final (SAAE, 2016).

Os custos em reais e consumos em quilogramas de produtos químicos por unidade de volume aduzido (m³) é definida pelas equações 7.0, 8.0, 9.0 e 10.0:

Para sulfato de alumínio:

$$CsVa = Cs / Va \quad (7.0)$$

$$CssVa = Css / Va \quad (8.0)$$

Para cal hidratada:

$$CcVa = Cc / Va \quad (9.0)$$

$$Csc = Csc / Va \quad (10.0)$$

Em que:

CsVa = custos com sulfato de alumínio por unidade de volume aduzido (R\$/m³)

Cs = custos com sulfato de alumínio (R\$)

CssVa = consumo de sulfato de alumínio por unidade volume aduzido (Kg/m³)

Css = quantidade consumida de sulfato de alumínio (Kg)

CscVa = consumo de cal hidratada por unidade volume aduzido (Kg/m³)

Csc = quantidade consumida de cal hidratada (Kg)

CcVa = custos com cal hidratada por unidade volume aduzido (R\$/m³)

Cc = custos com cal hidratada (R\$)

Va = Volume Aduzido (m^3)

3.3.3 - Relação do quociente entre custos e consumos de produtos químicos pela turbidez (uT)

Estabelecida relação mensal da turbidez da água bruta com o consumo e custos com produtos químicos em um gráfico de tendência, distinguindo os períodos chuvosos e de estiagem de cada ano (outubro a maio para período chuvoso e de junho a setembro período de estiagem), pois segundo Parsekian, (2003) sabe-se que a alteração da qualidade da água bruta é acompanhada pela alteração da quantidade de produto químico empregado no processo de coagulação (clarificação), ou seja, se ocorrer degradação do manancial e alterar a qualidade de sua água, a dosagem do coagulante sofrerá aumento para atender as exigências do Padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde por meio da Portaria MS 2914/11, e em consequência o aumento dos custos que é diretamente proporcional, sendo que o inverso também é verdadeiro, porém só perceptível no período em que não há chuvas.

Os produtos químicos são utilizados no tratamento da água para promover a aglutinação das partículas em suspensão na água “in natura”, sendo necessário estabelecer uma dosagem em laboratório utilizando o método “JAR TEST” de acordo com a qualidade da água afluyente à ETA.

Di Bernardo e Sabogal (2010) afirmam que a variação da turbidez depende principalmente de características da bacia hidrográfica, e diferentes amostras de água com uma mesma medida de turbidez podem conter partículas de tamanhos e quantidades diferentes alterando as condições de coagulação.

Os custos e consumo de Sulfato de alumínio (equação 11.0 e 12.0) e Cal hidratada (equação 13.0 e 14.0) por turbidez máxima, foi definida pelas equações:

Para sulfato de alumínio:

$$CsT = Cs / T \quad (11.0)$$

$$C_{ssT} = C_{ss} / T \quad (12.0)$$

Para a cal hidratada:

$$C_{cT} = C_c / T \quad (13.0)$$

$$C_{scT} = C_{sc} / T \quad (14.0)$$

Em que:

C_{sT} = custos com sulfato de alumínio unidade de turbidez máxima (R\$/ uT)

C_s = custos com sulfato de alumínio (R\$)

C_{ssT} = consumo de sulfato de alumínio por unidade de turbidez máxima (Kg/ uT)

C_{ss} = quantidade consumida de sulfato de alumínio (Kg)

C_{cT} = custos com cal hidratada por unidade de turbidez (R\$/ uT)

C_c = custos com cal hidratada (R\$)

C_{scT} = consumo de cal hidratada por unidade de turbidez máxima (Kg/ uT)

C_{sc} = quantidade consumida de cal hidratada (Kg)

T = Turbidez máxima (uT)

3.3.4 – Relação do quociente entre custos (R\$) com pessoal por volume aduzido (m³).

Levantou-se os custos com pessoal em reais (proventos dos profissionais) ligados diretamente ao processo de operação da ETA 006, incluindo os gestores, inclusive com os encargos sociais de 38%, pelo volume aduzido, obtém-se os valores de custos do volume aduzido em metro cúbico por custo pessoal. Os custos com pessoal são fixos entre os meses de junho a maio, ano a ano, por exemplo, do mês de maio de 2010 a junho de 2011 por ser a data base dos trabalhadores da concessionária o mês de maio de cada ano.

É definida pela equação 15.0:

$$CpVa = Cp / Va \quad (15.0)$$

Em que:

$CpVa$ = custos com pessoal por unidade de volume aduzido (R\$/m³)

Cp = custos com pessoal (R\$)

Va = Volume Aduzido (m³)

3.3.5 – Comparativos da diferença de percentuais ponderados com a turbidez média, entre os anos 2009 a 2015.

Sabe-se que a avaliação de desempenho de ETA 6 ano a ano é uma ferramenta que permite identificar situações, que refletem na evolução e/ou falhas dos custos e consumos na unidade operacional, que se corrigidas a tempo, influenciam diretamente na qualidade da água e na eficiência do tratamento, alcança evolução dos custos e consumos, tornando o sistema mais econômico para as variáveis em estudo.

O objetivo deste tema foi construir um cenário do desempenho operacional, pela comparação da diferença de percentuais das variáveis entre si, mês a mês do período em estudo, partindo do ano de 2010 em relação ao ano de 2009 até a comparação do ano de 2015 com ano de 2014. (Ex: *custo de energia com custo de energia, assim sucessivamente para demais variáveis, consumo e custo de produtos químicos e volume aduzido*). Desta forma determinou a condição real desempenhada pela unidade operacional, no período de 2010 a 2015 ponderados com a turbidez média. Partiu-se do ano 2009 para que o ciclo de seis anos se completasse, utilizou-se a equação 16.0.

$$Dp = \left(\frac{Css2 - Css1}{Css1} \right) * 100 \quad (16.0)$$

Em que:

D_p = (diferença de percentual)

C_{ss1} = Consumo de sulfato de alumínio em 2010

C_{ss2} = Consumo de sulfato de alumínio em 2009

100 = Referência ao percentual

Nota: a equação 16.0 foi utilizada para comparativo da diferença de percentual de todas variáveis.

3.4 - Ferramentas Estatísticas.

3.4.1 - Coeficiente de correlação linear de Pearson.

Para avaliar o grau de relacionamento entre duas variáveis, identificou-se no método de correlação linear de Pearson, a alternativa ideal, por ser este método mais usado para a investigação de pares de dados e para utilização de diagramas de dispersão cartesianos.

O diagrama de dispersão constitui-se o melhor procedimento para avaliar os dados quanto à ocorrência de tendências (lineares ou não), e proceder a classificação baseando no quadro 1 e tabelas 15 a 18.

O principal objetivo da construção de diagrama de dispersão é a identificação do grau de influência que a turbidez máxima, média e mínima estabelece no processo de tratamento de água. Quando avaliado a correlação linear entre os fatores, custos e consumos de produtos químicos, custos de energia, tempo de funcionamento, volume aduzido e custo total. Dessarte, identificou-se, o quanto a qualidade da água “in natura” influencia nos custos total do sistema operacional para tratamento da água.

3.4.2 - ANOVA

Para identificar a simetria e correlações entre as variáveis, turbidez máxima, média e mínima, volume aduzido, custos com energia, custos e consumos de cal hidratada e sulfato de alumínio, custos com pessoal e custos totais, optou-se por este tipo de análise estatística.

Identifica-se no método ANOVA-One-Way, a ferramenta estatística que permitiu demonstrar a significância entre as variáveis Dependentes e Independentes com clareza (os resultados destas hipóteses são representados nas tabelas 19 a 29 e quadros 2 a 12).

3.4.2.1 - Comparações múltiplas em Anova e Procedimento teste Tukey.

Utilizou-se a ferramenta computacional Past, para confirmar as hipóteses calculadas pelo teste t, por meio do procedimento teste de Tukey, que, segundo Field (2009), é recomendado para confirmar se os tamanhos das amostras são iguais e se tem certeza de que as variâncias populacionais são semelhantes, (apresentados nos quadros de 02 a 12).

Este procedimento usa outra distribuição de probabilidade chamada de Distribuição de amplitude studentizada. Esta distribuição depende de dois parâmetros: os gl do numerador m e os gl do denominador v . Tem-se também um valor crítico tabelado definido pelos gl do numerador r denominador (TIMOSSI, 2010).

3.4.3 - Regressão linear múltiplas e definição do coeficiente de determinação

Ainda na análise ANOVA, buscou-se identificar as correlações de todas as variáveis com a turbidez máxima, média e mínima, utilizando a ferramenta estatística regressão linear múltipla. Com isso descrever matematicamente a influência da turbidez nos custos operacionais. Esta relação está demonstrada nas equações que definem o coeficiente de determinação dos custos total.

A definição do coeficiente de determinação dos custos totais é uma equação que pode ser utilizada para se “predizerem” valores de uma variável Dependente (custos total) dados valores de uma variável independente associada (custos com pessoal, custos com energia, custos com sulfato de alumínio e cal hidratada).

Para se obter estimadores dos coeficientes de regressão assumiu-se um modelo linear da forma, conforme a equação 17.0:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon, . \quad (17.0)$$

Nosso objetivo é identificar se as variáveis independentes, x_1 , x_2 , ..., x_k , cooperam expressivamente para explicar linearmente a variação da variável resposta (variável dependente) y . Pois quanto maior for esta contribuição, melhores serão os resultados da estimação e da predição e assim, definir coeficiente de determinação $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$, para cada ano, nosso propósito.

3.5 - Custos Totais dos Processos

3.5.1 - Identificação dos custos totais de operação da ETA 6

Por reconhecer que os custos operacionais de uma unidade de tratamento de água, ser relevantes à conjuntura econômica e financeira de uma empresa concessionária de água, principalmente por estar em constantes desafios de reduzir custos e efetivo controle de seus processos, entende-se que fica insustentável permanecer operacionalmente ativa, sem o devido controle dos custos. Neste trabalho dividiu-se os custos em duas etapas.

A primeira etapa é denominada *Custos totais para clarificação da água* e diz respeito aos insumos com relações diretas, ao processo de clarificação da água bruta, que compreende desde a entrada do canal de coagulação até processo de filtração, da unidade operacional ETA 6, para isso considerou-se: custos de produtos químicos (cal hidratada e sulfato de alumínio), e os custos denominados “custos fixos” com pessoal e energia elétrica, relacionando com o volume aduzido, para identificar quanto custa o metro cúbico de água clarificada (R\$/m³).

Esta etapa aborda tão somente os custos para clarificação da água, não levando em consideração os custos com, manutenção, produtos químicos utilizados para as análises laboratoriais e no processo de filtração (cloreto de sódio (cloro) e ácido fluossilícico). Nos custos estão incluídas os custos da cal hidratada, utilizada para correção do pH após a desinfecção, por não haver mensuração separada dos custos para essa etapa.

A segunda etapa denominada *Custos totais da produção da água tratada*, compreende os custos de todos os insumos utilizados na primeira etapa, agregando os custos com flúor e cloro, responsáveis para o processo de fluoretação e desinfecção da água, apropriando-a de qualidade para distribuir à população, obedecendo a Portaria do Ministério da Saúde 2914/11.

Nesta etapa considera-se o volume produzido para identificar quanto custa o metro cúbico de água tratada ($R\$/m^3$). Para efeito de cálculos, o volume de consumo interno foi desconsiderado.

Para gerar perspectiva analítica, associa-se nos resultados o tempo de funcionamento de cada mês e de cada ano. Informações pertinente que também compete avaliar, com propósito de ampliar o entendimento que são: os custos totais de cada ano, resultantes do quociente dos custos totais pelo volume aduzido total de cada ano e os resultados dos custos máximo, médio e mínimo de cada ano, comparados graficamente também com o volume aduzido total do ano e com o tempo de funcionamento tanto anual (TFA), quanto mensal (TFM).

Ressalva-se que os custos com pessoal e com energia elétrica são indissociáveis, por serem custos que não dependem de alterações do meio ou de qualquer outra situação.

3.5.1.1 – Cálculos dos custos totais para clarificação da água ($R\$/m^3$)

Equação 18.0, definida pela relação:

$$C_{tc} = (C_e + C_s + C_c + C_p) / V_a \quad (18.0)$$

Em que:

C_{tc} = Custos totais da água clarificada ($R\$/m^3$)

C_e = Custos com energia (R\$)

C_p = Custos com pessoal (R\$)

C_s = Custos com sulfato de alumínio (R\$)

C_c = Custos com cal hidratada (R\$)

V_a = Volume Aduzido (m^3)

3.5.1.2 – Cálculos dos custos totais da produção da água tratada (R\$/m³)

Equação 19.0, definida pela relação:

$$C_{tt} = (C_e + C_s + C_c + C_p + C_f + C_{cl}) / p \quad (19.0)$$

Em que:

C_{tt} = Custos totais da produção de água tratada (R\$/m³)

V_p = Volume produzido (m³)

C_{cl} = Custos com cloro (R\$)

C_f = Custos com fluor (R\$)

C_e = Custos com energia (R\$)

C_p = Custos com pessoal (R\$)

C_s = Custos com sulfato de alumínio (R\$)

C_c = Custos com cal hidratada (R\$)

3.5.1.3 – Identificação do percentual dos custos dos produtos químicos em relação aos custos totais.

Este tema tem como objetivo identificar o quanto os custos dos produtos químicos utilizados na etapa de clarificação da água bruta, influenciam nos custos totais da operação. Conceitualmente, também definir a relação de influência que a turbidez da água bruta ofertada pelo manancial influencia nos custos de produtos químicos. Para isso procedeu-se os cálculos de percentuais definida pela equação 20.0.

$$P_{pq} = \left(\frac{C_{pq}}{C_t} \right) * 100 \quad (20.0)$$

Em que:

Ppq = Percentual dos custos dos produtos químicos em relação aos custos totais

Cpq = Custos totais com produtos químicos (R\$)

Ct = Custos totais (R\$)

100 = referência ao percentual

3.6 - Contribuição da turbidez afluyente da bacia do Ribeirão Taquaruçu para o Processo de Tratamento de água – ETA 6

Com o propósito de avaliar a qualidade da água da bacia do ribeirão Taquarussu nos anos de 2014 e 2015, utilizou-se dos resultados das análises dos cinco pontos estratégicos realizadas pelas estações de amostragem da Odebrecht Ambiental/Saneatins. Dois pontos na sub-bacia do ribeirão Taquarussu Grande (ATG – Alto Taquarussu Grande e BTG – Baixo Taquarussu Grande) e três pontos na sub-bacia do ribeirão Taquarussu Pequeno (ATP – Alto Taquarussu Pequeno; MTP – médio Taquarussu Pequeno e BTG – Baixo Taquarussu Pequeno), representado pela figura 02.

Tabela 1– Estações de amostragem da qualidade da água na bacia do ribeirão Taquarussu

Estação amostral	Curso d'água	Coordenadas
Chácara da sra. Juliana Monteiro (ATG)	ribeirão Taquarussu Grande	10,239280° S 48,177230° W
Chácara do sr. Ademar Costa (BTG)		10,290610° S 48,279610° W
Chácara do sr. Antioio Júnior (ATP)	ribeirão Taquarussu Pequeno	10,290610° S 48,133870° W
Chácara do sr. Rubens Kurt (MTP)		10,309370° S 48,206780° W
Chácara do sr. José Maria (BTP)		10,295944° S 48,288167° W

Fonte: Condo et al (2015)

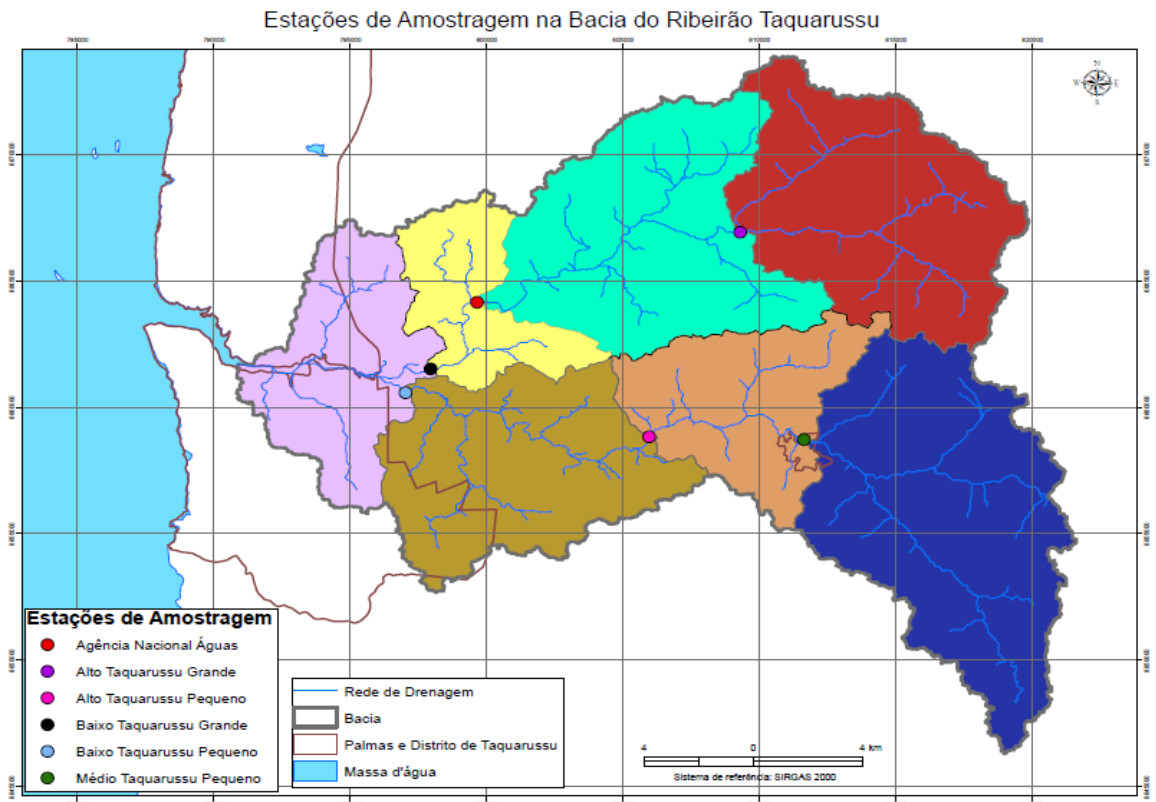


Figura 2: Área da bacia do ribeirão Taquarussu, com destaque para as sub-bacias Taquarussu Grande e Taquarussu Pequeno (Taquarussuzinho). Fonte: Costa (2016)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Relação do quociente entre os custos das variáveis energia elétrica e produtos químicos (R\$) por volume aduzido (m³).

4.1.1 - Relação do quociente dos custos anual de energia (R\$) por volume aduzido (m³).

A Tabela 2 e Figura 3 apresentam a visualização da relação do quociente dos custos com energia elétrica em reais pelo volume aduzido em metro cúbicos, no período de 2010 a 2015. É possível observar a diferenciação dos comportamentos dos custos, ao observar os dados mensais e identifica-se que os maiores custos foram apresentados assim: 0,18 R\$/m³ em julho e agosto no ano 2010, 0,14 R\$/m³ e 0,17 R\$/m³ no mês de outubro dos anos de 2011 e 2012 respectivamente, 0,19 R\$/m³ em setembro do ano de 2013, 0,24 R\$/m³ nos meses de julho e setembro tanto para o ano 2014 quanto para o ano de 2015, apontando funcionamento extra do sistema operacional, nestes meses de maior pressão da demanda de consumo de água, requerida pela população, bem como incremento da vazão da unidade operacional com o bombeamento da água do lago.

Enquanto os menores custos foram observados de 0,08 R\$/m³ nos meses de dezembro ano 2010 e janeiro de 2011, 0,11 R\$/m³ no mês de janeiro de 2012, de 0,09 R\$/m³ no mês março 2013, de 0,13 R\$/m³ nos meses de maio e dezembro de 2014 e de 0,14 R\$/m³ no mês de janeiro de 2015, remetendo para análise que é o período chuvoso de menor pressão de demanda.

Por outra vertente analítica, ressalta-se que enquanto houve um substancial aumento do volume aduzido de 9.507.396,33 m³ no ano de 2010, para 19.531.857 m³ no ano de 2015, incremento equivalente a 105,44%, os custos máximos no mesmo período, aumentaram apenas 70,70%. Apresentando assim um equilíbrio operacional.

Outro dado expressivo que evidencia uma evolução no controle operacional e por certo, investimentos na gestão de custos de energia e capacitação da mão de obra é que o ano de 2015 apresenta a menor oscilação entre os custos mínimos e máximos de 64%, com contrastes com o ano 2010 de menor volume aduzido que apresentou a maior oscilação entre

os custos mínimos e máximos de 125%, com diferença de custos de apenas 0,06 R\$/m³ entre o período de estudo.

Portanto, a relação de custos de energia (R\$) com volume aduzido (m³), o ano de 2015 é o de melhor desempenho operacional, já que os volumes aduzidos amentaram 105,44% e os custos com energia foi de 70,70% com a menor oscilação entre os custos máximo e mínimo de 64%, com 0,06 R\$/m³ de diferença de custos entre o maior e menor no período de estudo, fruto de investimentos na gestão de custos de energia e capacitação da mão de obra. Enquanto o ano de 2010 é o de pior desempenho com oscilação entre os custos máximo e mínimo de 125%.

Tabela 2 – Valores máximo, média e mínimo dos custos anual com energia (R\$) por unidade de volume aduzido (m³)

CUSTOS ANUAL COM ENERGIA (R\$) / VOLUME ADUZIDO (m ³)							%
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	ENTRE 2010-2015
MÁXIMO	0,18	0,14	0,17	0,19	0,24	0,24	70,70%
MÉDIA	0,13	0,11	0,14	0,13	0,16	0,20	74,32%
MÍNIMO	0,08	0,08	0,11	0,09	0,13	0,14	82,53%
V. ADUZIDO M³ (X 10.000)	951	1052	1448	1483	1638	1953	105,44%
% entre Máximo e Mínimo	125%	69%	50%	116%	85%	64%	

Fonte: O autor (2016)

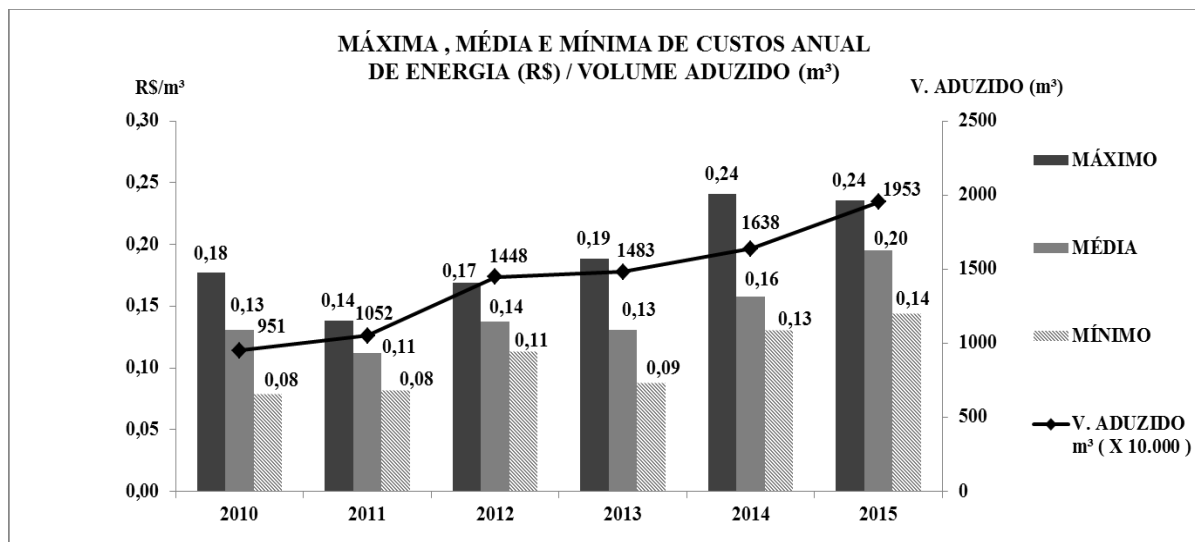


Figura 3 – Valores máximos, média e mínimo dos custos anual com energia por unidade volume aduzido (m³) – Fonte: O autor (2016)

4.1.2 - Relação do quociente dos custos anual de cal hidratada (R\$) por unidade de volume aduzido (m³).

A Análise dos resultados segundo a Tabela 3 e a Figura 4 permite observar que o maior custo anual com cal hidratada em função do volume aduzido, é de 0,011 R\$/m³ no mês de dezembro de 2013 para um volume aduzido de 14.831.475,81 m³, ao passo que o menor custo é de 0,002 R\$/m³ e ocorreu no ano de 2014, para um volume aduzido de 16.382.128 m³, porém com a ótica mais precisa no desempenho mensal, para o período de estudo, temos: 0,006 R\$/m³ nos meses de janeiro, outubro, novembro e dezembro de 2010, 0,006 R\$/m³ janeiro a março de 2011, 0,008 R\$/m³ no mês de fevereiro de 2012, 0,009 R\$/m³ no mês de fevereiro de 2014, e 0,007 R\$/m³ no mês de abril de 2015, o que caracteriza que não há uma uniformidade dos custos em função do volume aduzido, já que a utilização da cal hidratada está diretamente relacionada com a correção da alcalinidade da água bruta, o que não está em foco neste estudo. Contudo, com a percepção voltada para uma avaliação da eficácia operacional, identifica-se que proporcionalmente o ano mais econômico é o de 2015, já que o volume aduzido foi acrescido de 105,44%, com acréscimo dos custos de apenas 0,001R\$/m³ e obteve diferença entre os custos mínimos e máximos de apenas 75%, entre 2010 e 2015. (Tabela e Figuras com gráficos mensais, no APÊNDICE B)

Tabela 3 – Valores máximo, média e mínimo dos custos anual com cal hidratada por unidade de volume aduzido (m³)

	CUSTOS ANUAL COM CAL (R\$) / VOLUME ADUZIDO (m ³)						% ENTRE
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010 -2015
MÁXIMO	0,006	0,006	0,008	0,011	0,009	0,007	16,67%
MÉDIA	0,005	0,004	0,005	0,008	0,005	0,005	0,00%
MINIMO	0,003	0,003	0,003	0,005	0,002	0,004	33,33%
V. ADUZIDO M³ (X 10.000)	951	1052	1448	1483	1638	1953	105,44%
% entre Máximo e Mínimo	100%	100%	167%	120%	350%	75%	

Fonte: O autor (2016)

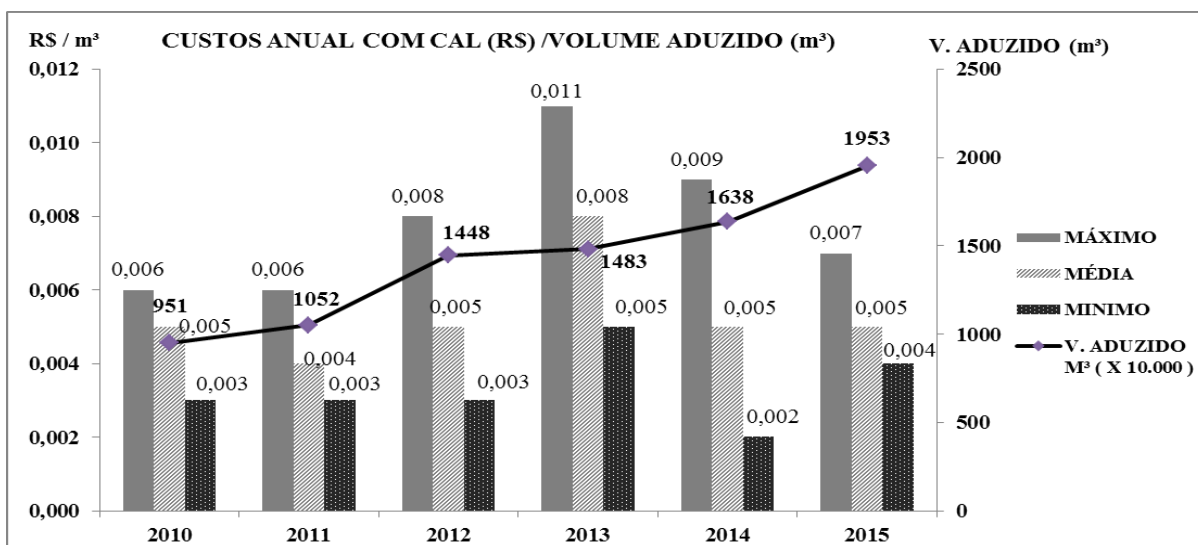


Figura 4 – Valores máximos, média e mínimos de custos anual com cal hidratada por unidade de volume aduzido (m³). Fonte: O autor (2016)

4.1.3 - Relação do quociente dos custos anual de sulfato de alumínio (R\$) por unidade de volume aduzido (m³).

Nos resultados dos custos anual com sulfato de alumínio por unidade de volume aduzido, segundo a Tabela 4 e o Figura 5, constata-se que no ano de 2015 apresenta a menor oscilação entre os custos mínimos e máximos que é de 200%, o que indica ser o ano com melhor custo benefício no período estudado, principalmente por ter apresentado o maior volume aduzido de 19.531.857 m³. E ao confrontar com o ano de 2011 que apresentou a maior oscilação entre os custos mínimos e máximos de 433% para um volume aduzido de 10.522.631,01 m³ ou seja diferença de 9.009.225,99 m³ para diferença de 233 % nas oscilações entre os dois anos em questão, percebe-se a evidência econômica citada acima. (Figuras com gráficos mensais, no APÊNDICE B)

Contudo, é evidenciado decréscimo dos custos máximos entre os anos 2010 a 2015 de 18,92% e nos custos mínimos uma oscilação de 42,86%. Porém se faz necessária análise mais cuidadosa da evolução dos dados, mês a mês, ano a ano e assim encontrar uma perspectiva analítica mais precisa.

Tabela 4 – Valores máximo, média e mínimo dos custos anual com sulfato de alumínio por unidade de volume aduzido (m³)

CUSTOS ANUAL COM SULFATO R\$ / VOL. ADUZIDO M ³							% ENTRE
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010 -2015
MÁXIMO	0,037	0,032	0,036	0,036	0,041	0,030	-18,92%
MÉDIA	0,022	0,020	0,019	0,018	0,019	0,020	-7,86%
MINIMO	0,007	0,006	0,007	0,007	0,008	0,010	42,86%
V. ADUZID	951	1052	1448	1483	1638	1953	105,44%
% entre M	429%	433%	414%	414%	413%	200%	

Fonte: O autor (2016)

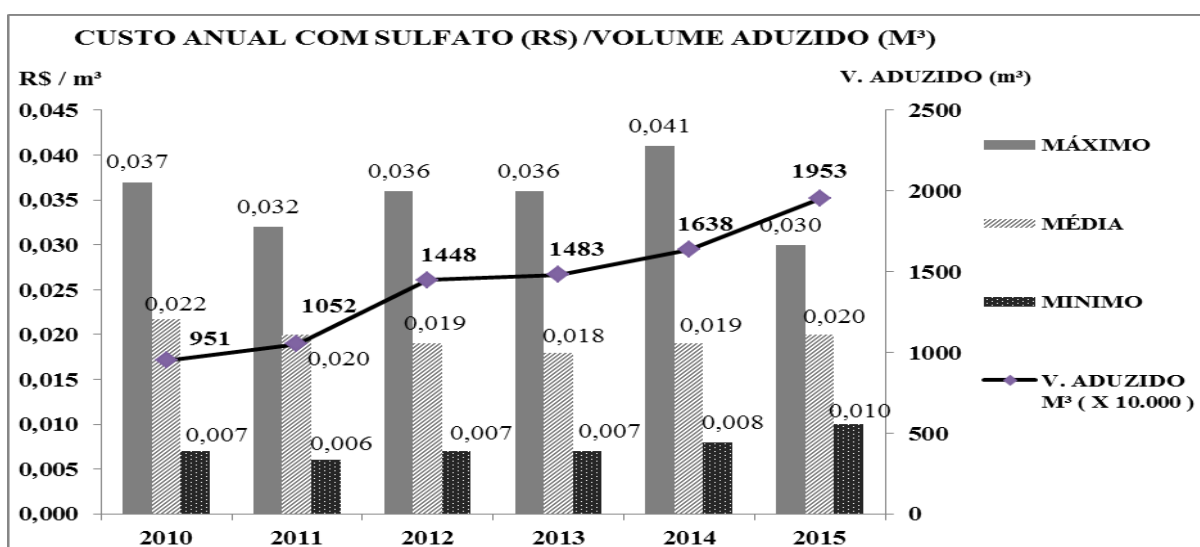


Figura 5 – Valores máximos, média e mínimos de custos anual com sulfato de alumínio por unidade de volume aduzido. Fonte: O autor (2016)

- No ano de 2010 o maior custo médio foi de 0,022 R\$/m³, com máximo de 0,037 R\$/m³ no mês de outubro e novembro e mínimo de 0,007 R\$/m³ no mês de maio, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 429%; para um volume aduzido de 9.507.396,33 m³;
- No ano de 2011 o custo médio foi de 0,02 R\$/m³, com máximo de 0,032 R\$/m³ no mês de novembro e mínimo de 0,006 R\$/m³ no mês de julho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 433%; para um volume aduzido de 10.522.631,01 m³;
- No ano de 2012 o custo médio foi de 0,019 R\$/m³, com máximo de 0,036 R\$/m³ no mês de fevereiro e mínimo de 0,007 R\$/m³ no mês de junho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 414%, para um volume aduzido de 14.476.267,95m³;

- No ano de 2013 o custo médio entre o período de 0,018 R\$/m³, máximo de 0,036 R\$/m³ no mês de dezembro e mínimo de 0,007 R\$/m³ no mês de julho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 414%, para um volume aduzido de 14.831.475,81 m³;

- No ano de 2014 o custo médio foi de 0,019 R\$/m³, máximo de 0,041 R\$/m³ no mês de fevereiro e mínimo de 0,008 R\$/m³ no mês de julho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 413%, para um volume aduzido de 16.382.128 m³ e;

- No ano de 2015 o custo médio foi 0,02 R\$/m³, máximo de 0,03 R\$/m³ no mês de abril e mínimo de 0,01 R\$/m³ no mês de junho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 200%, para volume aduzido de 19.531.857 m³.

4.2 - Relação do quociente entre os custos das variáveis produtos químicos (R\$) por turbidez máxima (uT).

4.2.1 - Relação do quociente entre os custos anual de cal hidratada (kg) por turbidez máxima (uT)

Ao analisar os resultados da Tabela 5 e Figura 6, custos anual com cal hidratada por unidade de turbidez máxima, torna-se possível ver que no ano de 2015 apresenta a menor oscilação entre os custos mínimos e máximos que é de 2.069%, indicando como o ano mais econômico do período estudado, principalmente por ter apresentado o maior volume aduzido de 19.531.857 m³. Ao checar com o ano de 2014 que apresentou uma oscilação entre os custos mínimos e máximos de 6,844% para um volume aduzido de 16.382.128 m³ ou seja diferença de apenas de 3,149,729 m³ para diferença de 4.775% nas oscilações entre os dois anos em questão, constata-se a evidência econômica citada acima. Entretanto, houve um acréscimo dos custos máximos entre os anos 2010 a 2015 de 149,56% chegando a pico máximo de 690,27% para custo de 893 R\$/ uT no ano de 2013 e nos custos mínimos uma oscilação de 349,65%. Porém para ampliar mais a perspectiva analítica, contempla-se a evolução mês a mês, ano a ano e assim o arranjo dos custos:

Tabela 5 – Valores máximo, média e mínimo dos custos anual com cal hidratada por unidade de turbidez máxima (uT)

	CUSTOS ANUAL DE CAL (R\$) / TURBIDEZ MÁXIMA (uT)						%
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	ENTRE 2010-2015
MÁXIMO	113	301	338	893	625	282	149,56%
MÉDIA	32	78	89	221	181	83	158,84%
MINIMO	3	7	8	20	9	13	349,65%
V.ADUZIDO (m³) (X 10.000)	951	1052	1448	1483	1638	1953	105,44%
% entre Máximo e Mínimo	3808%	4200%	4125%	4403%	6844%	2069%	

Fonte: O autor (2016)

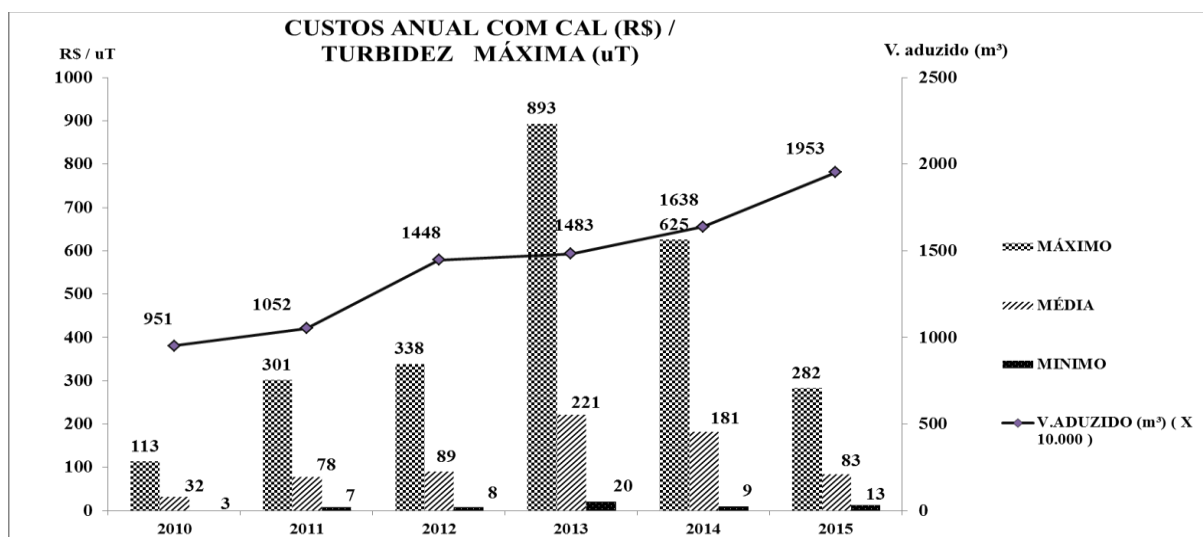


Figura 6 – Valores máximos, média e mínimos de custos anual com cal hidratada por unidade de turbidez (uT) Fonte: O autor (2016)

- No ano de 2010 o custo médio foi de 32 R\$/ uT, máximo de 113 R\$/ uT no mês de junho e mínimo de 3 R\$/ uT no mês de abril, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 3.808%;
- No ano de 2011 o custo médio foi de 78 R\$/ uT, máximo de 301 R\$/ uT no mês de junho e mínimo de 7 R\$/ uT no mês de março, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 4.200%;
- No ano de 2012 o custo médio foi de 79 R\$/ uT, máximo de 338 R\$/uT no mês de setembro e mínimo de 8 R\$/ uT no mês de julho e novembro, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 4.125%;
- O ano de 2013 tem o maior custo médio entre o período de 221 R\$/ uT, máximo de 893 R\$/uT no mês de agosto e mínimo de 20 R\$/ uT no mês de janeiro, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 4.403%;

- No ano de 2014 o custo médio foi de 181 R\$/uT, máximo de 625 R\$/uT no mês de agosto e mínimo de 9 R\$/uT no mês de dezembro, com maior diferença entre os custos mínimos e máximos de 6.844%;
- E no ano de 2015 o custo médio foi de 83 R\$/ uT, máximo de 282 R\$/uT no mês de junho e mínimo de 13 R\$/uT no mês de novembro, com menor diferença entre os custos mínimos e máximos de 2.069%.

Ressalta-se que embora os custos cal hidratada por unidade de turbidez, tenha sido elevado no ano de 2013, percebe-se que houve considerada redução dos gastos, sendo: 5.745,6 (R\$/mês) no mês de julho, 7.144 R\$/mês no mês de agosto e 8.800,8 R\$/mês no mês setembro, porquanto os gastos anual variaram de 5.745,6 a 12.965,6 R\$/mês, assim relacionado: custos de 599 R\$/uT para uma turbidez de 9,6 uT, 893 de R\$/ uT para uma turbidez de 8 uT, e de 889 R\$/uT para uma turbidez de 9,9 uT.

Portanto, percebe-se que, essa alteração dos anos de 2013 e 2014 é fruto do incremento da vazão captada diretamente do braço do lago, por ser a única alteração conhecida, no processo neste período, já que para seu tratamento é necessário a adição de carvão ativado diretamente no canal de entrada antes da calha parshall, ou possa ter ocorrido quaisquer outra possibilidade não identificada na caracterização do estudo, tais como empirismo na dosagem sem a devida análise criteriosa por teste de bancada comumente conhecida como “jar-test”, bem como, considerar que os volume aduzidos nestes períodos foram os mais elevados do ano 1.219.698 m³, 1.345.277 m³ 1.386.233 m³, respectivamente nos meses de julho, agosto e setembro para variação anual do volume aduzido de 1.138.462 m³ a 1.386.233 m³. Comportamento que se assemelha também para o consumo de cal hidratada por unidade de turbidez. (tabela e Figuras com gráficos mensais no APÊNDICE C)

O período seco é estação em que ocorre uma diminuição considerável da concentração dos sólidos em suspensão, da cor, da turbidez e da comunidade planctônica, além do aumento da condutividade e da transparência da água; e período chuvoso é quando o volume da água altera significativamente, com aumento da vazão, entrada do material alóctone transportado da bacia hidrográfica, diminuição da condutividade, redução e em alguns sistemas o desaparecimento de representantes da comunidade planctônica. O aumento dos sólidos em suspensão está associado, principalmente, com o transporte de material alóctone de origem inorgânica da bacia hidrográfica, cuja cobertura vegetal típica de cerrado mantém extensas áreas de solo exposto, facilitando o transporte de materiais. O Tocantins apresenta-se como um rio de águas alcalinas, de elevada condutividade, com altos teores de cálcio e magnésio e grande diversidade planctônica, enquanto os tributários apresentam-se mais ácidos, com baixa condutividade, elevadas

concentrações de sódio, potássio e cloreto e temperatura mais baixa de suas águas, devido provavelmente, a maior proteção da mata ciliar. (TUNDISI, 2003).

4.2.2 - Relação do quociente entre os custos anual de sulfato de alumínio (kg) por turbidez máxima (uT).

Os resultados segundo Tabela 6 e Figura 7, custos anual com sulfato de alumínio por unidade de turbidez máxima, apresenta no ano de 2015 a menor oscilação entre os custos mínimos e máximos que é de 1,127% o que indica como o ano com melhor custo benefício no período estudado, principalmente por ter apresentado o maior volume aduzido de 19.531.857 m³. Percebe-se a evidência econômica citada acima quanto comparado com o ano de 2012 que apresentou oscilação entre os custos mínimos e máximos de 7.259% para volume aduzido de 14.476.267,95 m³ ou seja com diferença de 5.055.589,05 m³ entre os volumes aduzidos e 6.132% de diferença nas oscilações entre custos mínimos e máximos nos dois anos em questão. Porém, é evidenciado acréscimos dos custos máximos entre os anos 2010 a 2015 de 127,47% com pico máximo de 512,96% para custo de 1.990 R\$/ uT no ano de 2014 e nos custos mínimos uma oscilação de 380,94%.

Ao atentar para a evolução mês a mês, ano a ano e observar a disposição dos valores dos custos, tem-se:

Tabela 6 – Valores máximo, média e mínimo de custos anual com sulfato de alumínio (Kg) por unidade de turbidez máxima (uT)

	CUSTOS ANUAL DE SULFATO DE ALUMÍNIO (R\$) / TURBIDEZ MÁXIMA (uT)						%
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	ENTRE 2010-2015
MÁXIMO	325	983	1240	1717	1990	739	127,57%
MÉDIA	104	250	289	407	586	263	152,42%
MÍNIMO	13	31	17	37	46	60	380,94%
V.ADUZIDO (m³) (X 10.000)	951	1052	1448	1483	1638	1953	105,44%
% entre Máximo e Mínimo	2492%	3043%	7259%	4574%	4232%	1127%	

Fonte: O autor (2016)

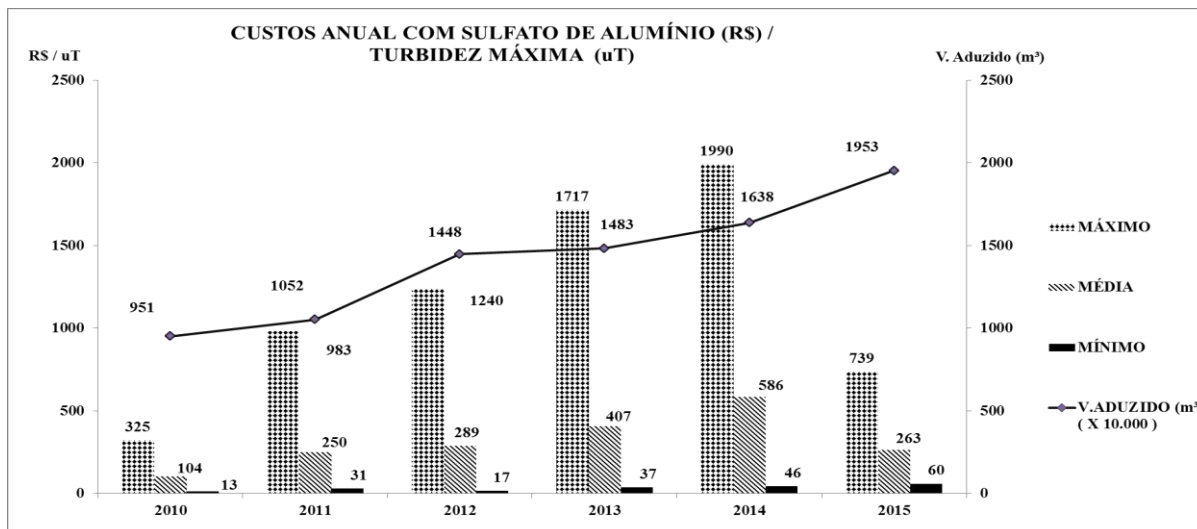


Figura 7 – Valores máximos, média e mínimos de custos anual com sulfato de alumínio por unidade de turbidez (uT) Fonte: O autor (2016)

- No ano de 2010 o custo médio foi de 104 R\$/uT, máximo de 325 R\$/uT no mês de junho e mínimo de 13 R\$/uT no mês de abril, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 2.492%;
- No ano de 2011 o custo médio foi de 250 R\$/ uT, máximo de 983 R\$/uT no mês de junho e mínimo de 31 R\$/ uT no mês de março, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 3.043%;
- No ano de 2012 o custo médio foi de 289 R\$/uT, máximo de 1240 R\$/uT no mês de setembro e mínimo 17 R\$/uT no mês de julho, com maior diferença entre os custos mínimos e máximos de 7.259%;
- No ano de 2013 o custo médio entre o período foi de 407 R\$/uT, máximo de 1717 R\$/uT no mês de setembro e mínimo de 37 R\$/uT no mês de junho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 4.574%;
- No ano de 2014 o maior custo médio foi de 586 R\$/uT, máximo de 1990 R\$/uT no mês de agosto e mínimo de 46 R\$/uT no mês de dezembro, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 4.232%;
- E no ano de 2015 o custo médio foi de 83 R\$/uT, máximo de 739 R\$/uT no mês de setembro e mínimo de 60 R\$/uT no mês de novembro, com menor diferença entre os custos mínimos e máximos de 2.069%.

Outro importante aspecto a considerar é que embora os custos com sulfato de alumínio por unidade de turbidez, tenha sido elevado no ano de 2014, percebe-se que houve

considerada redução dos gastos em relação ao ano, com gastos de 11.460,04 R\$/mês no mês de junho, de 11.028,24 R\$/mês no mês de julho, de 13.569,4 R\$/mês no mês de agosto e de 15.053,84 R\$/mês no mês de setembro, sendo que os gastos anual variaram de 11.028,24 a 42.461,24 R\$/mês, assim relacionado: o custo por unidade de turbidez no mês de junho foi de 1.051 R\$/uT para turbidez de 10,9 uT, o custo no mês de julho foi de 1.562 R\$/uT para turbidez de 7,06 uT, o custo no mês de agosto foi de 1.990 R\$/uT para turbidez de 6,82 uT, e o custo no mês de setembro foi de 1.462 R\$/uT para turbidez de 10,3 uT. (tabela e Figuras com gráficos no APÊNDICE C)

Portanto, os resultados evidencia situação análoga à percebida nos custos de cal hidratada por unidade de turbidez, contrariando, Neto (2002) que diz que o aumento no consumo dos produtos ocorre justamente no período da estação chuvosa que vai de outubro a abril, principalmente o sulfato de alumínio, responsável pela coagulação das partículas em suspensão na água, evidenciando aqui, portanto pouca influência do manancial nos custos operacionais.

4.3 - Relação do quociente entre os consumos de produtos químicos por turbidez máxima (uT)

4.3.1 - Relação do quociente entre o consumo anual de cal hidratada (kg) por turbidez máxima (uT).

Pelos resultados da Tabela 7 e Figura 8, o consumo anual com cal hidratada por unidade de turbidez máxima, identifica-se que no ano de 2015 apresenta a menor oscilação entre os custos mínimos e máximos que é de 2012% o que indica como o ano de melhor desempenho para período estudado, principalmente por ter apresentado o maior volume aduzido de 19.531.857 m³. Ao confrontar com o ano de 2014 que apresentou a maior oscilação entre os consumos mínimos e máximos de 6.702% para um volume aduzido de 16.382.128 m³ ou seja pequena diferença de volume aduzido de 3,149,729 m³, conquanto diferença de 4.690% nas oscilações entre os dois anos em questão. E em segundo patamar identifica-se que o ano de 2010 apresenta oscilação entre os consumos mínimos e máximos de 3.803% para volume aduzido de 9.507.396,33 m³ o que representa pequena diferença de

volume aduzido de 10.024.461 m³ para diferença de 1.791%. (Tabela e Figuras com gráficos mensais no APÊNDICE D).

Tabela 7 – Valores máximo, média e mínimo de consumo anual de cal hidratada (Kg) por turbidez máxima (uT).

	CONSUMO ANUAL DE CAL (Kg) / TURBIDEZ MÁXIMA (uT)						% ENTRE
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010-2015
MÁXIMO	374,87	965,91	873,29	1175,00	1190,62	457,74	217,60%
MÉDIA	106,51	249,45	230,55	290,74	345,70	134,93	26,68%
MINIMO	9,61	21,05	19,87	26,09	17,50	21,67	125,64%
V. ADUZIDO (m³) (X 10.000)	951	1052	1448	1483	1638	1953	105,44%
% entre Máximo e Mínimo	3803%	4489%	4295%	4403%	6702%	2012%	

Fonte: O autor (2016).

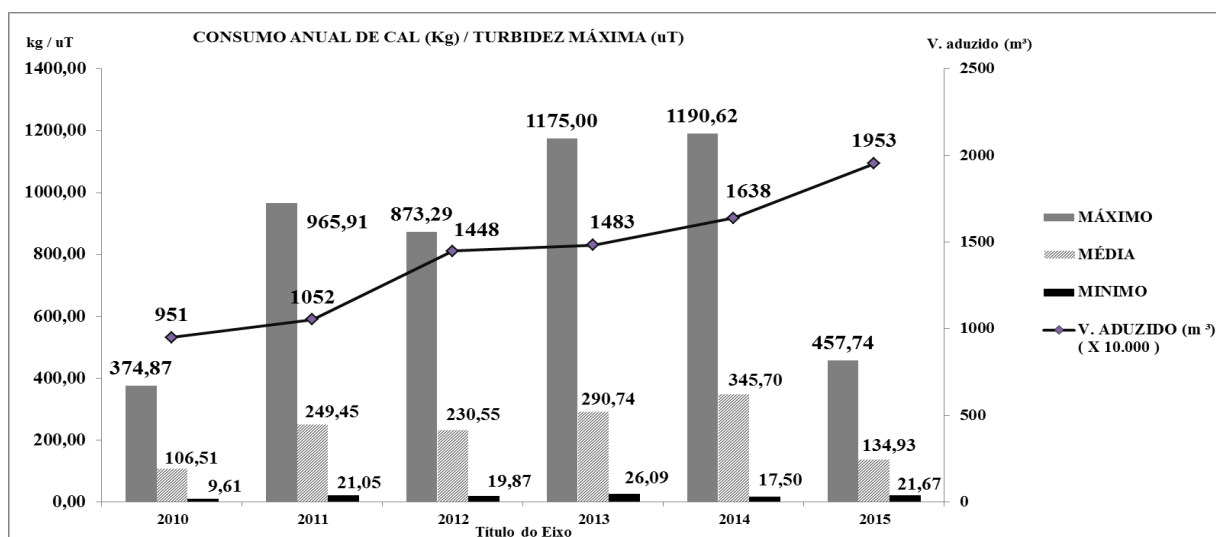


Figura 8 – Valores máximos, média e mínimos de consumos anual de cal hidratada por unidade de turbidez - Fonte: O autor (2016)

Todavia é notório que houve acréscimo dos consumos máximos entre os anos 2010 a 2015 de 22,11% com aumento dos consumos de até 217,6% para consumo de 1.190,62 Kg/uT no ano de 2014 e para os consumos mínimos com oscilação de 125,64%.

Porém para compreensão mais ampla, atentou-se para a evolução mês a mês, ano a ano e assim tem-se o comportamento dos dados dos consumos:

- No ano de 2010 o consumo médio foi de 106,51 Kg/uT, máximo de 374,87 Kg/uT no mês de junho e mínimo de 9,61 Kg/uT no mês de abril, com diferença entre os consumos mínimos e máximos de 3.803%;

- No ano de 2011 o consumo médio foi de 249,45 Kg/uT, máximo 965,91 Kg/uT no mês de junho, mínimo 21,05 Kg/uT no mês de março, com diferença entre os consumos mínimos e máximos de 4.489%;
- No ano de 2012 o consumo médio foi de 230,55 Kg/uT, máximo de 873,29 Kg/uT no mês de setembro e mínimo de 19,87 Kg/uT no mês de julho e novembro, com diferença entre os consumos mínimos e máximos de 4.295%;
- No ano de 2013 o consumo médio foi de 290,74 Kg/uT, máximo de 1.175,00 Kg/uT no mês de agosto e mínimo de 26,09 Kg/uT no mês de janeiro, com diferença entre os consumos mínimos e máximos de 4.403%;
- O ano de 2014 tem o maior consumo médio entre o período de 345,70 Kg/uT, máximo de 1.190,62 Kg/uT no mês de agosto e mínimo de 17,50 Kg/uT no mês de dezembro, com maior diferença entre os consumos mínimos e máximos de 6.702%;
- No ano de 2015 o consumo médio foi de 134,93 Kg/uT, máximo de 457,74 Kg/uT no mês de junho e mínimo de 21,67 Kg/uT no mês de novembro, com menor diferença entre os consumos mínimos e máximos de 2.069%.

É importante ressaltar que embora os consumos de cal hidratada por unidade de turbidez, no ano de 2014 tenha sido elevado, com consumos de 8.560 Kg/mês no mês de junho, de 6.820 Kg/mês no mês de julho, de 8.120 Kg/mês no mês de agosto e de 7.160 Kg/mês no mês de setembro, por ser considerado período estiagem, percebe-se que houve considerada redução dos consumos em relação aos demais meses do ano, sendo que os consumos anual variaram de 6.820 a 16.920 Kg/mês, assim relacionando com o consumo de cal hidratada por unidade de turbidez: no mês de junho foi de 785 Kg/uT com turbidez de 10,9 uT, para volume aduzido de 1.263.983m³, no mês de julho foi de 966 Kg/uT com turbidez de 7,06 uT para volume aduzido de 1.391.085 m³, no mês de agosto foi de 1.191 Kg/uT com turbidez de 6,82 uT, para volume aduzido de 1.535.208 m³ e o consumo de cal hidratada por unidade de turbidez no mês de setembro foi de 695 Kg/uT, com turbidez de 10,3 uT, para volume aduzido de 1.709.206 m³, sendo que o volume aduzido no ano variou de 1.040.193 a 1.721.471 m³ e a turbidez de 7 uT a 809 uT no ano.

4.3.2 - Relação do quociente entre os consumos anual de sulfato de alumínio (kg) por turbidez máxima (uT).

Com base nos resultados da Tabela 8 e da Figura 9, consumos anual de sulfato de alumínio por unidade de turbidez máxima, considera-se que embora os consumos de sulfato de alumínio por unidade de turbidez, nos meses de junho a setembro tenha sido elevado no ano de 2014, por ser considerado período estiagem, quando se compara com todo o ano, percebe-se que houve considerada redução, com os consumos de 16.853Kg/mês em junho, de 16.218 Kg/mês em julho, de 19.955 Kg/mês em agosto e de 22.138 Kg/mês em setembro, sendo que os consumos anual variaram de 16.218 a 62.443 Kg/mês, assim apresentado: consumos de sulfato de alumínio por turbidez foi de 1.546 Kg/uT com turbidez de 10,9 uT, e volume aduzido de 1.263.983m³ no mês de junho, de 2.297 Kg/uT com turbidez de 7,06 uT e volume aduzido de 1.391.085 m³ no mês de julho, de 2.926 Kg/uT para turbidez de 6,82 uT, com volume aduzido de 1.535.208 m³ no mês de agosto e consumo de sulfato de alumínio por unidade de turbidez foi de 2.149 Kg/uT com turbidez de 10,3 uT, volume aduzido de 1.709.206 m³ no mês de setembro, conquanto o volume aduzido no ano variou de 1.040.193 a 1.721.471m³ e a turbidez oscilou de 7 uT a 809 uT no ano.

E que no ano de 2015 o consumo assemelha ao desempenho dos custos, como o melhor ano para período estudado, por apresentar a menor oscilação entre os consumos mínimos e máximos de 1.127% e por apresentar o maior volume aduzido de 19.531.857 m³, com incremento de 105,44% em relação ao ano base. Ficando mais evidente quando confrontado com pior desempenho, o ano de 2012, que apresentou a maior oscilação entre os consumos mínimos e máximos de 7.259% para volume aduzido de 14.476268m³ ou seja, razoável diferença de volume aduzido de 5.055.589 m³ embora com diferença de 6.132% nas oscilações entre os dois anos em questão.

E o segundo melhor desempenho operacional se observa no ano de 2010 que apresentou oscilação entre os consumos mínimos e máximos de 2.492% para volume aduzido de 9.507.396,33 m³ com razoável diferença de volume aduzido de 10.024.461 m³ equivalente a 1.366%

No entanto, nota-se pequeno acréscimo de consumos máximos entre os anos 2010 a 2015 de 72,18% com avultoso aumento de consumo de até 460,68% consumindo 2.925,95 Kg/uT no ano de 2014 e nos consumos mínimos com oscilação de 263,88%.

Tabela 8 – Valores máximo, média e mínimo de consumo anual de sulfato de alumínio (Kg) por unidade de turbidez máxima (uT).

	CONSUMO ANUAL DE SULFATO DE ALUMÍNIO (Kg) / TURBIDEZ MÁXIMA (uT)						% ENTRE
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010-2015
MÁXIMO	521,86	1523,30	1781,78	2682,32	2925,95	898,54	460,68%
MÉDIA	167,27	387,34	415,51	636,44	861,67	319,45	90,98%
MINIMO	20,13	48,47	24,21	57,39	67,55	73,25	263,88%
V. ADUZIDO (m³) (X 10.000)	951	1052	1448	1483	1638	1953	105,44%
% entre Máximo e Mínimo	2492%	3043%	7259%	4574%	4232%	1127%	

Fonte: O autor (2016)

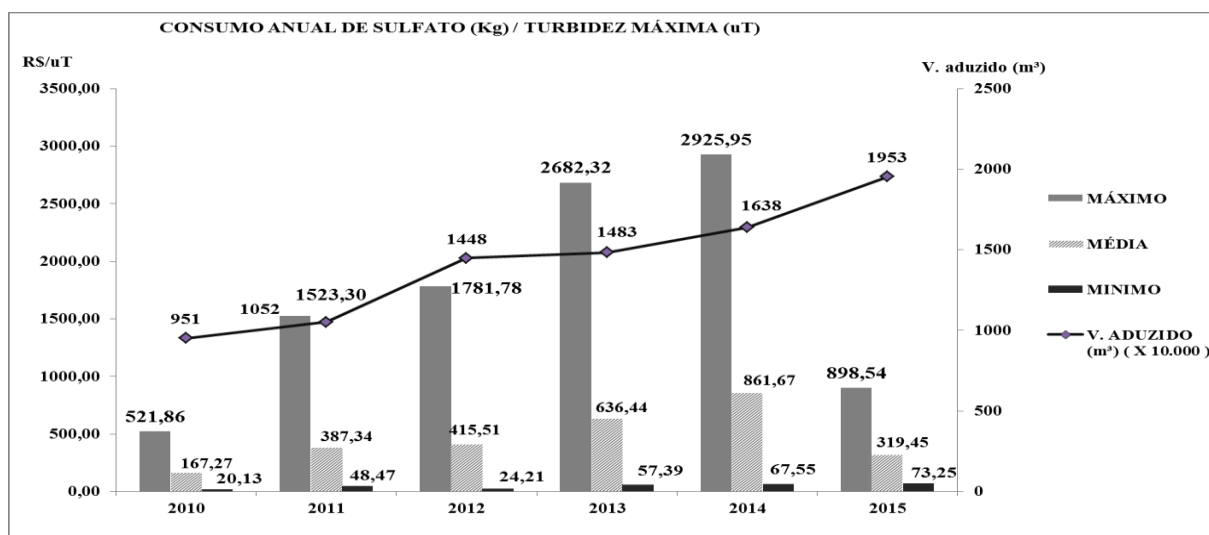


Figura 9 – Valores máximos, média e mínimos de consumos anual de sulfato de alumínio por unidade de turbidez (uT) Fonte: O autor (2016)

Porém para maior abrangência de entendimento da evolução dos consumos, observa-se, mês a mês, ano a ano e assim constata:

- No ano de 2010, menor consumo médio de 167,27 Kg/uT, máximo de 521,86 Kg/uT no mês de junho e mínimo de 20,13 Kg/ uT no mês de abril, com diferença entre os consumos mínimos e máximos de 2.492%;
- No ano de 2011, o consumo médio foi de 387,34 Kg/uT, máximo de 1523,30 Kg/uT no mês de junho e mínimo de 48,47 Kg/uT no mês de março, com diferença entre os consumos mínimos e máximos de 3.043%;

- No ano de 2012, o consumo médio foi de 415,51 Kg/uT, máximo de 1.781,78 Kg/uT no mês de setembro e mínimo de 24,21 Kg/uT no mês de julho e novembro, com maior diferença entre os consumos mínimos e máximos de 7.259%;

- No ano de 2013, o consumo médio foi de 636,44 Kg/uT, máximo de 2.682,32 Kg/uT no mês de setembro e mínimo de 57,39 Kg/uT no mês de junho, com diferença entre os consumos mínimos e máximos de 4.4574%;

- No ano de 2014, o maior consumo médio de 861,67 Kg/uT, máximo de 2.925,95 Kg/uT no mês de agosto e mínimo de 67,55 Kg/uT no mês de dezembro, com diferença entre os consumos mínimos e máximos de 4.232% e;

- No ano de 2015, o consumo médio foi de 319,45 Kg/uT, máximo de 898,54 Kg/uT no mês de setembro e mínimo de 73,25 Kg/uT no mês de novembro, com menor diferença entre os consumos mínimos e máximos de 1.127%.

Entende-se que o comportamento do consumo de sulfato de alumínio, também assemelha ao dos custos e considera-se, portanto, as mesmas evidências. (tabela e Figuras com gráficos mensais no APÊNDICE D)

4.4 - Comparativo da diferença de percentual do desempenho do processo operacional ponderados com a turbidez média.

O objetivo deste capítulo é demonstrar no horizonte estudado, com 2009 o ano base e 2015 ano limite, o desempenho operacional da Estação de Tratamento de Água – ETA 6, sempre em relação ao ano anterior, para identificar a influência que a turbidez média provoca no processo operacional, pelo comparativo da diferença de percentagem das variáveis: consumos e custos de cal hidratada e sulfato de alumínio, custos de energia, volume aduzido e custos totais. (Figuras com gráficos mensais no APÊNDICE F)

4.4.1 - Comparativo da diferença de percentual do consumo anual de cal hidratada e do sulfato de alumínio (kg) ponderados com a turbidez média (uT).

A Tabela 9 ratifica os resultados do comparativo da diferença de percentuais, dos consumos de cal hidratada e sulfato de alumínio, ponderados com a turbidez média. Ao

comparar as variáveis entre si, evidencia-se o desenvolvimento de um ano em relação ao ano anterior, de forma que os dados negativos representam comportamentos mais onerosos para o processo e os positivos demonstram os resultados mais econômicos.

Na Tabela 9 os valores entre parênteses da linha (*), à esquerda, representam a proporção econômica e os da direita representam o meses de maior consumo de produtos químicos, para um horizonte de doze meses, e na linha de (%) representam o percentual do ano, também com os mesmos sinais. Por exemplo: Para a cal hidratada no ano de 2010 em relação a 2009 apresentou apenas quatro meses mais econômicos com percentual de 33,33% e oito meses de maior consumo, representando um percentual de 66,67%.

Outra informação relevante é representada pelos valores máximos e mínimos, dos picos máximos e mínimos de consumos de cal hidratada e sulfato de alumínio (representados na penúltima e última linha), bem como pela coluna (2010-2015) nos campos achureados que evidencia o horizonte de setenta e dois meses nos seis anos, adotando os mesmos significado a esquerda e à direita.

Ao analisar a Tabela 9 de forma estratificada, observa-se o comportamento de consumo da cal hidratada e sulfato de alumínio, no horizonte de estudo, ano a ano, sempre com ênfase ao ano anterior, para identificar a evolução ou regressão dos consumos, focando sempre na perspectiva da eficiência operacional, facilmente identifica-se.

Para cal hidratada, acréscimo de consumo, correspondendo ao percentual global de 58,33%, ou seja dos setenta e dois meses em questão quarenta e dois, os consumos de cal hidratada, foram menos econômicos que o ano anterior, assim distribuídos:

Tabela 9 – Comparativo da diferença de percentual de consumo cal hidratada e do sulfato de alumínio (kg) ponderados com turbidez média - período de 2010 a 2015.

COMPARATIVO DO PERCENTUAL DA DIFERENÇA DE CONSUMO CAL E SULFATO DE ALUMÍNIO (Kg)											
2010 - 2009			2011-2010			2012-2011					
MÊS	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)		
Jan	-18,45	40,83	69,92	16,34	2,08	51,35	12,04	24,60	52,27		
Fev	-0,99	-0,70	41,2	20,53	18,71	83,34	36,18	40,82	54,23		
Mar	29,84	43,36	59,05	-4,97	-24,49	72,57	11,56	27,86	52,57		
Abr	0,29	-3,29	48,75	8,57	7,86	46,17	21,77	17,19	30,97		
Mai	-72,81	-254,01	11,51	23,02	42,46	10,13	12,20	-11,01	10,02		
Jun	-0,13	15,27	11,08	12,24	22,53	6,06	21,30	-8,90	8,33		
Jul	19,30	42,68	31,59	-20,00	-64,65	4,67	34,71	41,43	9,29		
Ago	9,63	21,52	23,89	-10,43	-7,24	5,23	26,91	28,28	5,26		
Set	3,52	11,18	13,18	4,09	-2,47	6,52	11,69	26,34	4,82		
Out	34,88	43,82	47	-10,38	-24,16	19,99	-3,82	-26,10	6,45		
Nov	5,31	-3,58	62,92	0,74	3,32	47,75	-3,55	5,64	58,79		
Dez	9,95	6,92	66,86	2,05	7,71	54,5	-8,64	-6,07	58,11		
(*)	(4-8)	(4-8)		(4-8)	(5-7)		(3-9)	(4-8)			
%	33,33	33,33	%	33,33	41,67	%	25,00	33,33	%		
%	66,67	66,67	%	66,67	58,33	%	75,00	66,67	%		
MAX	34,88	43,82	69,92	23,02	42,46	83,34	36,18	41,43	58,79		
MIN	-72,81	-254,01	11,08	-20,00	-64,65	4,67	-8,64	-26,10	4,82		
2013-2012			2014 - 2013			2015 - 2014			2010 - 2015		
MÊS	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)
Jan	2,51	17,83	68,56	-14,54	-4,31	46,74	-12,76	-38,97	29,29	(4-2)	(2-4)
Fev	-58,18	-61,23	38,79	25,30	48,04	71,11	-28,87	-49,58	45,02	(3-3)	(3-3)
Mar	-11,80	-8,27	48,52	4,56	9,01	47,63	-1,22	-0,24	42,52	(3-3)	(3-3)
Abr	-18,70	14,72	38,32	2,22	12,27	27,94	22,03	29,46	58,2	(1-5)	(1-5)
Mai	-24,51	22,95	13,45	2,74	1,06	11,79	27,85	41,22	21,37	(2-4)	(2-4)
Jun	-32,68	27,78	14,63	4,91	-1,13	7,25	21,76	16,10	9,04	(2-4)	(2-4)
Jul	-60,05	-16,56	5,6	-10,85	21,99	5,17	34,42	38,73	15,81	(2-4)	(2-4)
Ago	-36,81	8,35	5,18	-15,76	-6,66	4,43	26,05	28,87	13,34	(3-3)	(2-4)
Set	-10,10	2,04	5,81	-61,73	-19,95	4,9	48,27	33,23	10,45	(2-4)	(2-4)
Out	-23,30	-8,22	12,75	10,07	27,35	19,23	8,55	-10,32	13,58	(3-3)	(4-2)
Nov	-7,07	3,25	48,39	-14,82	-53,43	25,57	22,68	39,29	41,34	(3-3)	(2-4)
Dez	15,83	33,37	69,17	-20,48	-18,38	71,51	9,58	-12,70	26,78	(2-4)	(3-3)
(*)	(10-2)	(4-8)		(6-6)	(6-6)		(3-9)	(5-7)		(30-42)	(28-44)
%	83,33	33,33	%	50,00	50,00	%	25,00	41,67	%	41,67	38,89
%	16,67	66,67	%	50,00	50,00	%	75,00	58,33	%	58,33	61,11
MAX	15,83	33,37	69,17	25,30	48,04	71,51	48,27	41,22	58,20		
MIN	-60,05	-61,23	5,18	-61,73	-53,43	4,43	-28,87	-49,58	9,04		

Fonte: O autor (2016)

• No ano de 2010, em oito meses, o consumo foi maior que o do ano de 2009, com relevante acréscimo de 34,88% no mês de outubro e considerada redução de 72,81% no mês de maio, com turbidez entre 11,08 uT a 69,92 uT;

• No ano de 2011, em oito meses o consumo foi maior que o do ano de 2010, com acréscimo pontual de 23,02% no mês de maio e consumo reduzido no mês de julho com percentual de 20%, turbidez entre 4,67 a 83,34 uT

- No ano de 2012, em dez meses o consumo foi maior que o do ano de 2011 com acréscimo isolado de 36,18% no mês de fevereiro e consumo reduzido no mês de dezembro com percentual de 8%, com turbidez média entre 4,82 a 58,79 uT;

- No ano de 2013, em dez meses o consumo foi mais econômico que o ano de 2012, com relevante redução de consumo de 60,05% no mês de julho e acréscimo de consumo de 15,83% no mês de dezembro, com turbidez variando entre 5,18 e 69,17 uT;

- No ano de 2014 houve um equilíbrio, ou seja, dos doze meses, seis foram mais econômico em relação ao ano 2013, com pico de redução no mês de setembro de 61,73% e acréscimo de consumo de 25,30% no mês de fevereiro, para turbidez entre 4,43 a 71,51 uT e;

- No ano de 2015 dos doze meses, em nove, o consumo foi maior que o ano de 2014, com relevante acréscimo de 48,27% no mês de setembro e consumo reduzido de 28,87% no mês de fevereiro, com turbidez entre 9,04 a 58,20 uT.

Tal comportamento de acréscimo de consumo é justificado, pelo aumento do volume aduzido de 105,44% entre o ano 2010 a 2015, conforme explicitado nas tabelas de 02 a 08, e menos significativo pela flutuação do pH, embora este não seja foco do trabalho.

Quanto à análise do comportamento do consumo de sulfato de alumínio, o desempenho operacional ano a ano, percebe-se que o aumento do consumo foi mais expressivo, pois dos seis anos de estudo 61,11% foram menos econômico, correspondendo a cinco anos. Em destaque o ano de 2014 que manteve equilíbrio no consumo com o ano 2013, ou seja, dos doze meses, seis foram mais econômicos, com redução de consumo de 53,43% no mês novembro e aumento de 48,04% no mês de fevereiro, com demais meses oscilando abaixo dos 27%, para turbidez média variando de 4,43 a 71,51 uT. Demais anos assim comportando:

- No ano de 2010, em oito meses, o consumo foi maior que o do ano de 2009, com relevante acréscimo de 43,82% no mês de outubro e expressiva redução de 254,01% no mês de maio, observa-se que em quatro meses apresentam percentuais em torno dos 42% e os demais abaixo dos 21%, com turbidez média variando de 11,08 uT a 69,92 uT

- No ano de 2011, em sete meses o consumo foi maior que o do ano de 2010, com acréscimo no mês de maio de 42,46% e consumo reduzido de 64,65%, no mês de julho, tendo os demais meses permanecendo abaixo dos 22% com turbidez média fluando entre 4,67 a 83,34 uT;

- No ano de 2012, em oito meses o consumo foi maior que o do ano de 2011 com acréscimo isolado de 41,43% no mês de julho e consumo reduzido no mês de novembro com percentual de 26,10%, com demais meses oscilando abaixo dos 41% com turbidez média variando de 4,82 a 58,79 uT;

- No ano de 2013 o consumo em oito meses foram mais onerosos que o ano de 2012, com relevante redução de consumo de 61,23% no mês de fevereiro e acréscimo de consumo de 33,37% no mês de dezembro, com os demais meses permanecendo abaixo dos 28 com turbidez média variando de 5,18 e 69,17 uT e;

- No ano de 2015 dos doze meses, em sete o consumo foi maior que o ano de 2014. Com relevante acréscimo de 41,22% no mês de maio e consumo reduzido de 49,58% no mês de fevereiro, com turbidez entre 9,04 a 58,20 uT.

4.4.2 - Comparativo diferença de percentual do custo anual de cal hidratada e do sulfato de alumínio (R\$) ponderados com a turbidez média (uT).

A Tabela 10 demonstra os resultados do comparativo da diferença de percentuais, dos custos de cal hidratada e sulfato de alumínio ponderados com a turbidez média. Com comparação das variáveis entre si, pretende-se evidenciar o desenvolvimento de um ano em relação ao ano anterior, de forma que os dados negativos representam comportamentos mais onerosos para o processo e os positivos demonstram resultados mais econômicos.

Na Tabela 10, os valores entre parênteses da linha com (*), à esquerda, representam a proporção econômica e os da direita representam o meses mais onerosos, para um horizonte de doze meses, e na linha de (%) representam o percentual do ano, também com os mesmos sinais. Por exemplo: Para a cal hidratada no ano de 2010 em relação a 2009 apresentou apenas dois meses mais econômicos com percentual de 16,66% e dez meses mais onerosos representando um percentual de 83,33%.

Outra informação pertinente é representada pelos valores máximo e mínimo, demonstrado nos picos máximo e mínimo de custos (representados na penúltima e última linha), bem como pela coluna (2010-2015) nos campos achureados que evidencia o horizonte de setenta e dois meses nos seis anos, adotando os mesmos significado a esquerda e direita.

Ao avaliar a Tabela 10, pretende-se conhecer e compreender a perspectiva da eficiência operacional através do comportamento dos dados de custos da cal hidratada e do sulfato de alumínio ponderados pela unidade de turbidez média.

Quanto a cal hidratada, observa-se acréscimo dos custos global de 72,22%, o que indica que dos setenta e dois meses em questão cinquenta e dois, os custos foram menos econômicos que o ano anterior.

Tabela 10 – Comparativo da diferença de percentual de custos de cal hidratada e de sulfato de alumínio (R\$) ponderados com a turbidez média - período de 2010 a 2015

COMPARATIVO DA DIFERENÇA DE PERCENTUAL DOS CUSTOS DE CAL E SULFATO DE ALUMÍNIO (R\$) X TURBIDEZ MÉDIA (uT)											
	2010-2009			2011 - 2010			2012 - 2011				
MÊS	CAL (R\$)	SULFATO (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (R\$)	SULFATO (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (R\$)	SULFATO (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)		
Jan	-14,51	64,38	69,92	19,29	2,08	51,35	29,09	-8,34	52,27		
Fev	2,37	39,38	41,2	23,33	18,71	83,34	48,55	14,97	54,23		
Mar	32,17	65,91	59,05	-1,27	-24,49	72,57	28,70	-3,65	52,57		
Abr	3,60	37,82	48,75	11,79	7,86	46,17	36,93	-18,99	30,97		
Mai	-67,07	-113,11	11,51	25,73	42,46	10,13	29,21	-59,50	10,02		
Jun	3,19	48,99	11,08	15,33	22,53	6,06	36,55	-56,46	8,33		
Jul	21,98	65,49	31,59	-15,77	-64,65	4,67	47,36	15,85	9,29		
Ago	12,64	52,75	23,89	-6,53	-7,24	5,23	41,07	-3,05	5,26		
Set	6,72	46,53	13,18	7,47	-2,47	6,52	28,80	-5,83	4,82		
Out	37,04	66,18	47	-6,48	-24,16	19,99	16,30	-81,18	6,45		
Nov	8,45	37,64	62,92	4,24	3,32	47,75	16,52	-35,58	58,79		
Dez	12,94	43,96	66,86	5,50	7,71	54,5	12,42	-52,41	58,11		
(*)	(2-10)	(1-11)		(5-7)	(5-7)		(0-12)	(10-2)			
%	16,67	8,33	%	41,67	41,67	%	0,00	83,33	%		
%	83,33	91,67	%	58,33	58,33	%	100,00	16,67	%		
MAX	37,04	66,18	69,92	25,73	42,46	83,34	48,55	15,85	58,79		
MIN	-67,07	-113,11	11,08	-15,77	-64,65	4,67	12,42	-81,18	4,82		
	2013 - 2012			2014 - 2013			2015 - 2014			2010 - 2015	
MÊS	CAL (R\$)	SULFATO (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (R\$)	SULFATO (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (R\$)	SULFATO (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CAL (R\$)	SULFATO (R\$)
Jan	50,36	10,64	68,56	-65,81	1,82	46,74	3,74	-14,95	29,29	(2-4)	(2-4)
Fev	19,45	-75,34	38,79	-8,14	51,09	71,11	-10,01	-23,72	45,02	(2-4)	(2-4)
Mar	43,07	-17,75	48,52	-38,16	14,37	47,63	13,59	17,09	42,52	(2-4)	(3-3)
Abr	39,56	7,26	38,32	-41,54	17,43	27,94	33,44	41,65	58,2	(1-5)	(1-5)
Mai	36,60	16,20	13,45	-40,79	6,88	11,79	38,41	51,38	21,37	(2-4)	(2-4)
Jun	32,44	21,46	14,63	-37,66	4,82	7,25	33,21	30,60	9,04	(1-5)	(1-5)
Jul	18,50	-26,76	5,6	-60,47	26,58	5,17	44,02	49,32	15,81	(2-4)	(2-4)
Ago	30,34	0,33	5,18	-67,58	-0,39	4,43	36,87	41,16	13,34	(2-4)	(3-3)
Set	43,93	-6,53	5,81	-134,13	-12,90	4,9	55,84	44,77	10,45	(2-4)	(4-2)
Out	37,22	-17,69	12,75	-30,18	31,62	19,23	21,94	8,75	13,58	(2-4)	(3-3)
Nov	45,48	-5,21	48,39	-66,22	-44,40	25,57	33,99	49,78	41,34	(1-5)	(3-3)
Dez	57,14	27,54	69,17	-74,41	-11,41	71,51	22,81	6,78	26,78	(1-5)	(2-4)
(*)	(0-12)	(6-6)		(12-0)	(4-8)		(1-11)	(2-10)		(20-52)	(28-44)
%	0,00	50,00	%	100,00	33,33	%	8,33	16,67	%	27,78	38,89
%	100,00	50,00	%	0,00	66,67	%	91,67	83,33	%	72,22	61,11
MAX	57,14	27,54	69,17	-8,14	51,09	71,51	55,84	51,38	58,20		
MIN	18,50	-75,34	5,18	-134,13	-44,40	4,43	-10,01	-23,72	9,04		

Fonte: O autor (2016)

• No ano de 2010, em dez meses o custo foi maior que o do ano de 2009, correspondendo a 83,33% dos meses, com relevante acréscimo de 37,04% no mês de outubro e expressiva redução de custo de 67,07% no mês de maio; nos demais meses fluando entre redução de 14,51 a acréscimo de 32,17%, com turbidez média entre 11,08 a 69,92 uT;

• No ano de 2011, em cinco meses os custos foram menores que o do ano de 2010 com correspondendo a de 41,67% dos meses, com redução oscilando entre 1,77% no mês de março

e 15,77% no mês de julho, e nos demais sete meses aumento dos custos variando entre de 4,24%, no mês de novembro a 25,73% no mês de maio, correspondendo a 58,33% dos meses, com turbidez entre 4,67 a 83,34 uT;

- No ano de 2012 em doze meses os custos foram mais onerosos que o ano de 2011, correspondendo a 100%, oscilando entre 12,42% no mês de fevereiro a 48,55% no mês de dezembro, com turbidez média entre 4,82 a 58,79 uT;

- No ano de 2013, apresentou o mesmo comportamento do ano anterior, correspondendo a todo o ano mais oneroso em relação ao ano de 2012, com variação de custos de 18,50% no mês de julho a 57,14% no mês de dezembro; e nos demais meses variando de 18,50 a 50,36%, com turbidez média entre 5,18 e 69,17 uT;

- O ano de 2014 é mais econômico que o ano 2013 em 100% dos meses com amplitude entre 8,14% no mês de fevereiro e 134,13% no mês de setembro, e redução de custos nos demais meses entre 37,66% a 66,22%, para turbidez média entre 4,43 a 71,51 uT e;

- No ano de 2015 apenas no mês de fevereiro o custo foi menor em 10,01% em relação ao ano de 2014, com relevante acréscimo de 55,84% no mês de setembro e custo reduzido de 28,87% no mês de fevereiro, com demais meses variando de 3,74% a 44,02% com turbidez média entre 9,04 a 58,20 uT.

Já quanto à análise do comportamento dos custos de sulfato de alumínio, o desempenho operacional ano a ano, demonstram que o aumento dos custos foram pouco menos expressivos, que o balanço dos custos de cal hidratada, pois dos seis anos de estudos, quatro foram menos econômicos, e somente o ano de 2011 tendo onze meses mais econômicos representados por 91,67% de redução de custos, e o ano de 2013 mantendo-se equilibrado, ou seja, dos doze meses, seis foram mais econômicos. Porém, ao focar o balanço global, dos setenta e dois meses de estudo, quarenta e cinco meses foram menos econômicos, apresentando aumento expressivo dos custos de 62,50%.

Portanto, para aumentar a perspectiva de entendimento, é imprescindível avaliar o histórico de cada ano, mês a mês, e assim conhecer e compreender o processo:

- No ano de 2010 somente o mês de maio obteve uma expressiva redução de custo de 113,11% em relação ao ano de 2009, porém com acréscimo de custo no percentual de 66,18% no mês de outubro, destaca-se que os demais onze meses tiveram aumento de percentuais variando entre de 37,64% a 65,91%, com turbidez média entre 11,08 a 69,92 uT;

- No ano de 2011, em onze meses os custos foram menores que o do ano de 2010 com percentual de 91,67% dos meses, com acréscimo de 10,80% no mês de maio e redução de custo de 155,27%, no mês de julho e nos demais meses os custos apresentam redução de 20,11% no mês de junho a de 93,01% no mês de março, com turbidez entre 4,67 a 83,34 uT;

- No ano de 2012 em nove meses os custos foram mais onerosos que o ano de 2011, correspondendo a 75%, oscilando entre 1,70% no mês de dezembro a 45,73% no mês de julho e nos demais meses variando a redução de 0,92% no mês de junho a acréscimo de custo de 45,16% no mês de fevereiro com turbidez média entre 4,82 a 58,79 uT;

- O ano de 2013 equilibrou o custo em relação ao ano de 2012, com seis meses mais econômicos, redução variando entre 5,21% no mês de novembro a 75,34% no mês de fevereiro, e nos demais seis meses variando o aumento dos custos entre 0,33% no mês de agosto e 27,54 no mês de outubro, e com turbidez média entre 5,18 e 69,17 uT;

- O ano de 2014 em relação ao ano de 2013 apresentou quatro meses mais econômicos, agosto, setembro, novembro e dezembro, com percentuais 0,39%, 12,90%, 44,40% e 11,41% respectivamente e nos demais oito meses aumento de custos oscilando entre 1,82% no mês de janeiro e 51,09% no mês de fevereiro, para turbidez média entre 4,43 a 71,51 uT;

- O ano de 2015 em relação do ano de 2014, dos doze meses, somente os meses de janeiro com 14,95% e fevereiro com 23,72%, foram mais econômicos, e demais dez meses com aumento dos custos entre 6,78% no mês de dezembro e 51,38% no mês de maio, com turbidez média entre 9,04 a 58,20 uT.

Contudo o comportamento dos custos são análogos aos dos consumos tanto da cal hidratada quanto do sulfato de alumínio, quando justifica-se, pelo acréscimo anual do volume aduzido, conforme explicitado nas tabelas de 2 a 8 apontando para um incremento de 105,44% do volume aduzido entre o ano 2010 a 2015 e menos significativo pela flutuação da

turbidez média, por não apresentar variações significativas, que acompanhe a proporção do incremento do volume aduzido.

4.4.3 - Comparativo da diferença de percentuais do volume aduzido (m³) ponderado com turbidez média (uT).

A Tabela 11 expressa os resultados do comparativo da diferença de percentuais, do volume aduzido (*todo volume captado no manancial*), ponderado com a turbidez média. Com a comparação do volume aduzido entre si, ano em relação ao ano anterior, pretende-se evidenciar o comportamento da ETA, de forma que os dados negativos, representam resultados de menor adução de água para o processo de clarificação.

Na Tabela 11 os valores entre parênteses da linha com (*), à esquerda, representam a proporção com menor volume aduzido e os da direita representam os meses com maior volume aduzido do ano, para horizonte de doze meses, e na linha de (%) representam o percentual do ano, também com os mesmos significados. Por exemplo: Para o ano de 2010 em relação a 2009, apresentou aumento de volume aduzido em sete meses, correspondendo a 58,33% e redução de volume aduzido de 41,67% correspondente aos outros cinco meses. Porém é de propriedade conhecer o significado representado pelos valores máximos e mínimos, que demonstram os picos de 15,47% do maior volume aduzido e de -11,65% de menor volume aduzido, (representados na penúltima e última linha). Quanto à coluna (2010-2015) nos campos achureados, evidenciam o horizonte de setenta e dois meses nos seis anos, adotando os mesmos significado a esquerda e direita para o indicador. A turbidez média é o referencial indicador de quanto a qualidade do manancial compromete os custos e a operacionalização dos sistemas de tratamento de água.

Ao Analisar o desempenho dos dados da Tabela 11, identificou-se aumento do volume aduzido, representado pelos cinquenta e dois meses dos setenta e dois, com índice global de 72,22%, assim demonstrado:

Tabela 11 – Comparativo da diferença de percentual do volume aduzido ponderados pela turbidez média período de 2010 a 2015.

COMPARATIVO DA DIFERENÇA DE PERCENTUAL DO VOLUME ADUZIDO (m³) X TURBIDEZ MÉDIA (uT)							
	2010-2009		2011 - 2010		2012 - 2011		
MÊS	VOLUME ADUZIDO (m³)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	VOLUME ADUZIDO (m³)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	VOLUME ADUZIDO (m³)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	
Jan	-27,67	69,92	18,56	51,35	22,15	52,27	
Fev	-9,49	41,2	6,31	83,34	31,27	54,23	
Mar	2,01	59,05	-16,90	72,57	39,11	52,57	
Abr	7,14	48,75	-7,11	46,17	30,85	30,97	
Mai	1,42	11,51	5,54	10,13	28,49	10,02	
Jun	-1,80	11,08	9,91	6,06	28,80	8,33	
Jul	-7,45	31,59	9,83	4,67	27,77	9,29	
Ago	-11,61	23,89	14,79	5,23	26,56	5,26	
Set	-9,72	13,18	17,35	6,52	27,14	4,82	
Out	5,88	47	7,60	19,99	29,38	6,45	
Nov	-0,63	62,92	18,61	47,75	20,39	58,79	
Dez	15,47	66,86	20,99	54,5	16,38	58,11	
(*)	(7-5)		(2-10)		(0-12)		
%	58,33	%	16,67	%	0,00	%	
%	41,67	%	83,33	%	100,00	%	
MAX	15,47	69,92	20,99	83,34	39,11	58,79	
MIN	-11,61	11,08	-16,90	4,67	16,38	4,82	
	2013 - 2012		2014 - 2013		2015 - 2014		2010 - 2015
MÊS	VOLUME ADUZIDO (m³)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	VOLUME ADUZIDO (m³)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	VOLUME ADUZIDO (m³)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	VOLUME ADUZIDO (m³)
Jan	16,46	68,56	-7,94	46,74	31,35	29,29	(2-4)
Fev	14,43	38,79	-14,00	71,11	29,96	45,02	(2-4)
Mar	10,54	48,52	-16,23	47,63	27,26	42,52	(2-4)
Abr	-1,29	38,32	-6,60	27,94	27,23	58,2	(3-3)
Mai	-3,24	13,45	1,37	11,79	24,75	21,37	(1-5)
Jun	-3,27	14,63	5,90	7,25	23,92	9,04	(2-4)
Jul	-0,67	5,6	12,32	5,17	16,21	15,81	(2-4)
Ago	2,42	5,18	12,37	4,43	13,66	13,34	(1-5)
Set	4,04	5,81	18,90	4,9	2,10	10,45	(1-5)
Out	1,83	12,75	22,31	19,23	-2,11	13,58	(1-5)
Nov	-4,38	48,39	28,63	25,57	0,38	41,34	(2-4)
Dez	-10,08	69,17	26,80	71,51	2,99	26,78	(1-5)
(*)	(6-6)		(4-8)		(1-11)		(20-52)
%	50,00	%	33,33	%	8,33	%	27,78
%	50,00	%	66,67	%	91,67		72,22
MAX	16,46	69,17	28,63	71,51	31,35	58,20	
MIN	-10,08	5,18	-16,23	4,43	-2,11	9,04	

Fonte: O autor (2016)

- No ano de 2010 o volume aduzido, reduziu em sete meses correspondendo a 58,33%, em relação ao ano de 2009, com índice oscilando de 0,63% no mês de novembro e de 27,67% no mês de janeiro e aumento nos outros cinco meses com oscilação do aumento 1,42% no mês de maio e de 15,47% no mês de dezembro para turbidez média variando de 11,08 uT a 69,92 uT, amplitude essa não tão significativa para o sistema do tipo convencional.

- No ano de 2011 o volume aduzido, reduziu de 7,11% no mês de abril e 16,90% no mês de março, representando 16,67%, e apresentou aumento em dez meses com variação de 5,54% no mês de maio e de 20,99% no mês de dezembro, correspondendo a 83,33% do total de doze meses, com a turbidez média entre 4,67 a 83,34 uT.

- No ano de 2012 o volume aduzido, aumentou em todos os meses variando entre 16,38% no mês de dezembro e 39,11% mês de março, representando 100% de aumento em relação ao ano anterior, com turbidez média entre 4,82 a 58,79 uT.

- O ano de 2013 em relação ao ano 2012, o volume aduzido, manteve-se igualdade sendo mais produtivo em seis dos doze meses com índice variando entre 2,42% no mês agosto e de 16,46% no mês de janeiro, correspondendo a aumento de 50 %, enquanto para redução de produção os índices apresentaram variação entre 0,67% no mês de julho e de 10,08% no mês de dezembro, correspondendo a 50%, e com turbidez média variando de 5,18 e 69,17 uT.

- No ano de 2014, em oito meses o volume aduzido, aumentou, com indicador variando entre 1,37% no mês de maio e de 28,63% em novembro, representando 66,67% do total e para os demais quatros meses, com indicadores de redução da adução entre 6,60% no mês de abril e de 16,23% no mês de março, significando 33,33% de redução em relação ao ano de 2013, para turbidez variando de 4,43 a 71,51 uT.

- No ano de 2015, em relação ao ano de 2014 o volume aduzido, assim se apresentou: apenas o mês de outubro foi menor com índice de 2,11%, representando apenas 8,33%, e aumento da adução nos demais onze meses respondendo por 91,67%, com índice oscilando de 0,38% no mês de novembro e de 31,35% no mês de janeiro, com turbidez de 9,04 a 58,20 uT.

Com base nos desempenhos dos dados, considera-se o volume aduzido como o indicador mais relevante, para o objetivo deste estudo, principalmente por ser o que define direta ou indiretamente a linha de tendência dos demais parâmetros estudados.

Quando analisado ano a ano conforme explicitado nas tabelas de 2 a 8 tem-se uma linha crescente, apontando para um incremento de 105,44% do volume aduzido entre o ano 2010 a 2015.

Vale ressaltar que segundo a Odebrecht Ambiental | Saneatins, para o sistema suportar o acréscimo de demandas, bem como o conhecido acréscimo de volume aduzido, necessitou investir avultoso recursos financeiro em melhorias operacionais, ampliação do sistema filtrantes, construção de uma estação de tratamento de lodo, para proporcionar o reuso da água de consumo interno, capacitação profissional, melhorias no controle energético, instalação de sistema de geração autônoma de energia, readequação na planta para dar condição de tratar a água do lago, incremento de vazão no período de déficit do Ribeirão Taquarussu com captação água do lago, entre os meses de julho a setembro.

4.4.4 - Comparativo da diferença de percentuais dos custos de energia (R\$) ponderado com turbidez.

Propõe-se representar através da Tabela 12 os resultados do comparativo da diferença de percentuais dos custos de energia ponderados pela turbidez média mensal. Deste modo, com a comparação dos custos de energia entre si, um ano em relação ao ano anterior, enxergar a performance dos custos com energia na ETA 6, de maneira que os dados negativos representam resultados mais eficientes, uma vez que, quanto menor é o custo de energia, mais eficaz se comporta o processo de tratamento.

Os resultados inversos para os valores positivos já que demonstram condições passíveis de avaliação, investimentos em gestão energética, alteração do volume aduzido, tempo de funcionamento, eficiência dos motores e bombas bem como outras situações operacionais que necessitem ajustes. A interpretação da tabela 12 obedece a mesma temática anteriormente explicadas.

Tabela 12 – Comparativo de percentual da diferença de custo de energia (R\$) ponderados pela turbidez média período de 2010 a 2015.

COMPARATIVO DA DIFERENÇA DE PERCENTUAL DOS CUSTOS ENERGIA (R\$) X TURBIDEZ MÉDIA (uT)							
	2010 - 2009		2011 - 2010		2012 - 2011		
MÊS	CUSTOS ENERGIA (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	
Jan	-35,03	69,92	-10,65	51,35	43,55	52,27	
Fev	-11,99	41,20	-9,75	83,34	46,30	54,23	
Mar	0,83	59,05	-50,92	72,57	52,45	52,57	
Abr	2,72	48,75	-37,57	46,17	49,80	30,97	
Mai	19,59	11,51	-18,03	10,13	38,26	10,02	
Jun	27,69	11,08	-18,37	6,06	23,97	8,33	
Jul	30,30	31,59	-20,25	4,67	32,64	9,29	
Ago	17,31	23,89	-15,84	5,23	39,72	5,26	
Set	8,41	13,18	-2,46	6,52	37,71	4,82	
Out	-25,08	47,00	35,59	19,99	43,04	6,45	
Nov	-12,37	62,92	21,62	47,75	44,83	58,79	
Dez	-38,12	66,86	36,46	54,50	41,40	58,11	
(*)	(5-7)		(9-3)		(0-12)		
%	41,67	%	75,00	%	0,00	%	
%	58,33	%	25,00	%	100,00	%	
MAX	30,30	69,92	36,46	83,34	52,45	58,79	
MIN	-38,12	11,08	-50,92	4,67	23,97	4,82	
	2013 - 2012		2014 - 2013		2015 - 2014		2010 - 2015
MÊS	CUSTOS ENERGIA (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS ENERGIA (R\$)
Jan	33,66	68,56	-6,54	46,74	31,21	29,29	(3-3)
Fev	-7,04	38,79	23,12	71,11	30,70	45,02	(3-3)
Mar	-25,14	48,52	31,09	47,63	40,65	42,52	(2-4)
Abr	4,88	38,32	22,78	27,94	35,80	58,20	(1-5)
Mai	-23,59	13,45	16,81	11,79	48,62	21,37	(2-4)
Jun	-10,87	14,63	29,11	7,25	39,25	9,04	(2-4)
Jul	-18,76	5,60	56,06	5,17	1,50	15,81	(2-4)
Ago	-39,35	5,18	45,79	4,43	23,49	13,34	(2-4)
Set	17,85	5,81	-9,02	4,90	41,71	10,45	(2-4)
Out	4,70	12,75	9,31	19,23	29,03	13,58	(1-5)
Nov	-4,57	48,39	28,84	25,57	29,12	41,34	(2-4)
Dez	-4,64	69,17	19,96	71,51	41,13	26,78	(2-4)
(*)	(8-4)		(2-10)		(0-12)		(24-48)
%	66,67	%	16,67	%	0,00	%	33,33
%	33,33	%	83,33	%	100,00	%	66,67
MAX	33,66	69,17	56,06	71,51	48,62		
MIN	-39,35	5,18	-9,02	4,43	1,50		

Fonte: O autor (2016)

Com base nos resultados, dos dados do comparativo da diferença de percentual de custos de energia ponderados pela unidade de turbidez, proporcionados na Tabela 12, observou-se que 58% dos meses no ano de 2010, e em 100% do ano de 2012, 83,33% dos meses no ano de 2014 e em 100% do ano de 2015, foram mais onerosos para o sistema, com expressão maior nos anos de 2012 e 2015 em que todos meses apresentaram custos maiores em relação ao ano anterior. Porém os anos de 2011 e 2013 apresentaram comportamentos mais econômico de 75% e 66,67% respectivamente

Porém ao analisar o desempenho dos custos ao longo dos setenta e dois meses, quarenta e oito, tiveram custos maiores, correspondendo a 66,67%;

Ressalta-se, portanto, que para se apropriar de maiores convicções dos estudos, requer apurar os dados fragmentando mês a mês e ano a ano:

- No ano de 2010, em relação ao ano de 2009, sete meses apresentaram custos maiores, variando entre 0,83% a 3,25% no mês de março a 30,30 a 25,75% no mês de julho, porém para os cinco meses de menores custos, oscilaram de 11,99 a 1,64 % em fevereiro a outubro a 38,12% a 15,04% em dezembro, representando 41,67% do total de meses, com turbidez média entre 11,08 uT a 69,92 uT;

- No ano de 2011, em relação ao ano de 2010, nove meses foram mais econômicos, representando 75%, com variações entre 2,46 % no mês de setembro a 50,92% no mês de março, porém para os meses de maiores custos, oscilaram entre 21,62 % em novembro e máximo do ano 35,59% em outubro, correspondendo a 25% do total dos meses, com a turbidez média entre 4,67 a 83,34 uT.

- No ano de 2012, em relação ao ano de 2011, 100% do ano, apresentaram custos maiores oscilando os custos significativamente entre 23,97% em junho a 52,45 % em março, com turbidez média entre 4,82 a 58,79 uT.

- O de 2013, em relação ao ano de 2012, apresentou oito meses com menor custo, correspondendo a 66,67%, com variação entre 4,57% no mês de novembro e de 39,35 % no mês de agosto e demais quatro meses com aumento dos custos entre 4,70 % no mês de outubro e 33,66% no mês de janeiro, com turbidez média entre 5,18 e 69,17 uT.

- O ano de 2014, em relação ao ano de 2013, apresentou apenas dez meses menos econômicos com variação dos custos entre 9,31 % no mês de outubro e de 56,06 % no mês de julho, correspondendo a 83,33% e redução dos custos nos demais dois meses entre 6,54 % em janeiro e de 9,02 % em setembro, correspondendo a 16,67%, para turbidez variando de 4,43 a 71,51 uT.

- O ano de 2015, em relação ao ano de 2014, em 100% do ano, apresentou custo maior, oscilando entre 1,50 % em julho a 48,62 % em maio, com turbidez média entre 9,04 a 58,20 uT.

Bouzon, *et al.*, (2013) Pasha e Lansey (2009) sugerem algumas alternativas para reduzir o consumo de energia elétrica dos sistemas de abastecimento de água, tais como: i) conhecer o sistema tarifário; ii) reduzir a potência dos equipamentos; iii) alterar sistema operacionais; iv) automação do sistema de abastecimento de água; v) gerar energia com fontes autônomas.

Em geral, a maior parte dos custos energéticos são associadas à operação das bombas. Por isso, um padrão ótimo de operação das bombas podem reduzir os custos significativamente enquanto mantém as necessidades de operação, como ao atendimento das demandas e das restrições de capacidade e pressão.

4.4.5 - Comparativo da diferença de percentuais dos custos totais (R\$) ponderados com a turbidez média (uT).

Na Tabela 13 os resultados do comparativo da diferença de percentuais, dos custos totais ponderados com a turbidez média mensal. Para o horizonte de 2010 a 2015. Neste sentido, ao comparar os custos totais entre si, ano em relação ao ano anterior, demonstram em que mês e ano a unidade operacional ETA 6 foi mais ou menos onerosa à concessionária.

Deste modo, os dados negativos representam resultados mais eficientes, pois quanto menor são os custos, mais eficaz se comporta com maior ganho para o processo de tratamento, uma vez que esta relação é proporcional ao ritmo da demanda, ou seja, se há necessidade de incrementos de demandas, por certo os custos segue também a proporção.

Para entendimento, como exemplo, ao analisar na tabela 13, o ano de 2011 em relação ao ano de 2010 que dos doze meses, oito foram mais econômicos, (representados na penúltima e última linha, 66,67% de menor custo operacional e 33,33% para maior custo).

Na Tabela 13. Os valores entre parênteses da linha com (*), à esquerda, representam a proporção mês com menor custo e os da direita representam o de maior, para horizonte de doze meses, e, na linha de (%) representam o percentual do ano, também com os mesmos significados.

Quanto à coluna (2010-2015) nos campos achureados, evidenciam o horizonte global de setenta e dois meses nos seis anos, adotando os mesmos significado a esquerda e direita para o indicador em questão.

Tabela 13 – Comparativo de percentual da diferença dos custos total (R\$) ponderados com a turbidez média do período de 2010 a 2015.

COMPARATIVO DA DIFERENÇA DE PERCENTUAL DOS CUSTOS TOTAL (R\$) X TURBIDEZ MÉDIA (uT)							
2010 - 2009			2011 - 2010		2012 - 2011		
MÊS	CUSTOS TOTAL (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS TOTAL (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS TOTAL (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	
Jan	-11,05	69,92	-2,48	51,35	32,88	52,27	
Fev	-5,03	41,2	0,06	83,34	38,50	54,23	
Mar	9,36	59,05	-28,58	72,57	40,52	52,57	
Abr	3,25	48,75	-17,68	46,17	38,03	30,97	
Mai	5,51	11,51	-7,13	10,13	29,98	10,02	
Jun	22,11	11,08	-9,96	6,06	18,91	8,33	
Jul	25,75	31,59	-15,63	4,67	28,33	9,29	
Ago	15,05	23,89	-10,53	5,23	33,85	5,26	
Set	7,93	13,18	-0,60	6,52	32,14	4,82	
Out	-1,64	47	20,98	19,99	32,32	6,45	
Nov	-5,35	62,92	14,83	47,75	33,75	58,79	
Dez	-15,04	66,86	24,24	54,5	29,83	58,11	
(*)	(5-7)		(8-4)		(0-12)		
%	41,67	%	66,67	%	0,00	%	
%	58,33	%	33,33	%	100,00	%	
MAX	25,75	69,92	24,24	83,34	40,52	58,79	
MIN	-15,04	11,08	-28,58	4,67	18,91	4,82	
2013 - 2012			2014 - 2013		2015 - 2014		2010 - 2015
MÊS	CUSTOS TOTAL (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS TOTAL (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS TOTAL (R\$)	TURBIDEZ MÉDIA (uT)	CUSTOS TOTAL (R\$)
Jan	28,01	68,56	-4,76	46,74	21,95	29,29	(3-3)
Fev	-8,17	38,79	23,46	71,11	19,68	45,02	(2-4)
Mar	-11,45	48,52	22,13	47,63	32,83	42,52	(2-4)
Abr	8,43	38,32	17,65	27,94	32,42	58,2	(1-5)
Mai	-10,27	13,45	12,63	11,79	42,98	21,37	(2-4)
Jun	-2,52	14,63	22,35	7,25	34,16	9,04	(2-4)
Jul	-11,46	5,6	48,13	5,17	5,01	15,81	(2-4)
Ago	-23,81	5,18	36,87	4,43	22,45	13,34	(2-4)
Set	16,39	5,81	-8,38	4,9	38,36	10,45	(2-4)
Out	5,28	12,75	9,83	19,23	24,79	13,58	(1-5)
Nov	0,07	48,39	18,48	25,57	28,62	41,34	(1-5)
Dez	6,05	69,17	11,54	71,51	33,68	26,78	(1-5)
(*)	(6-6)		(2-10)		(0-12)		(21-51)
%	50,00	%	16,67	%	0,00	%	29,17
%	50,00	%	83,33	%	100,00	%	70,83
MAX	28,01	69,17	48,13	71,51	42,98		
MIN	-23,81	5,18	-8,38	4,43	5,01		

Fonte: O autor (2016)

Ao analisar os atributos da Tabela 13, pretende-se conhecer e compreender a perspectiva da eficiência operacional através do comportamento dos dados dos custos totais de um ano em relação ao ano anterior, ponderados com a unidade de turbidez média, prontamente percebe-se que:

Quando analisados, identifica-se que dos setenta e dois meses, cinquenta e um, apresenta característica mais oneroso para a concessionária, com acréscimo dos custos totais em comparação ao ano anterior de 70,83 %, ou seja dos seis anos de estudos quatro foram mais dispendiosos, sendo 2010 custo maior em 58,33% dos meses dos anos, no ano de 2012 custo maior em 100% do ano, no a no de 2014 custo maior em 83,33% dos meses e 2015 custo maior em 100% do ano, somente o ano de 2011 com custo menor em 66,67% dos meses, e o ano 2013 que manteve equilíbrio entre os meses de maior e menor custo total, representados em 50%.

Ao analisar mês a mês, percebe-se a amplitude dos custos ao longo dos seis anos de estudo, assim manifesto: diferença percentual de maior custo total, entre 0,06% no ano de 2011 a 48,13% no ano de 2014, enquanto a diferença percentual do menor custo total, oscilou entre 1,64% no ano de 2010 a 28,58% no ano de 2011, assim compreendidos:

- No ano de 2010, em sete meses os custos totais foram maiores, que o ano anterior correspondendo a 58,33% dos meses, oscilando entre 3,25% no mês de abril a 25,75 % no mês de julho e redução de custos variando entre 1,64 no mês de outubro a 15,04 % no mês de dezembro; com turbidez média variando de 11,08 uT a 69,92 uT.
- No ano de 2011, oito meses os custos totais apresentaram-se menores, com percentual entre 0,60% no mês de setembro a 28,58% no mês de março, e os outros quatro meses com custos totais maiores entre 0,06% no mês de fevereiro a 24,24% no mês de dezembro, com a turbidez média flutuando de 4,67 a 83,34 uT.
- No ano de 2012, em 100% dos meses os custos totais foram mais onerosos, oscilando entre 18,91% a 40,52 % junho e março respectivamente, e nos demais meses variando entre 29,83% a 38,50%, com turbidez média entre 4,82 a 58,79 uT.

- No ano de 2013, apresentou um equilíbrio entre os custos totais maiores e menores, correspondendo a seis meses mais onerosos, com variação dos custos totais entre o insignificante percentual de 0,07% no mês de novembro a 28,01% no mês de janeiro; e nos demais seis meses variando com menores custos totais entre 23,81% no mês de agosto a 2,52 no mês de junho, com turbidez média entre 5,18 e 69,17 uT;

- No ano de 2014, em dez meses os custos totais foram maiores em relação ao ano de 2013, variando entre 9,83% no mês de outubro a 48,13 % no mês de julho e nos dois meses a redução dos custos ficaram entre 4,76% no mês de janeiro e 8,38% no mês de setembro, com, para turbidez média entre 4,43 a 71,51 uT;

- No ano de 2015, em 100% dos meses do ano, os custos totais foram mais onerosos, oscilando entre 5,01 % no mês de julho e de 42,98 % no mês de maio, com turbidez média entre 9,04 a 58,20 uT.

4.5 - Coeficiente de correlação de Pearson.

4.5.1 - Correlação de Pearson da turbidez com variáveis de processo (Pearson).

A tabela 14 apresenta a classificação dos coeficientes de correlação de Pearson com a Turbidez Máxima, Média e Mínima, espelhando no quadro 01, coeficiente de correlação de Pearson, defendida por Rodrigues, (2012).

Quanto à interpretação da tabela 14, observa-se que somente serão discutidas neste projeto as correlações significativas com correlações acima de 0,5 (dados em negritos). Classificada de **moderada positiva a forte positiva**. Conseqüentemente, entender-se que a apropriação das classes, sugere a força da relação entre as variáveis. Observa-se que em nenhuma das correlações apresenta classificação perfeita positiva (1) somente a correlação dos custos de energia com turbidez máxima, apresentou classificação nula (0). Filho, (2009) defende que “valores extremos, dificilmente são encontrados na prática”.

Quadro 01 – Interpretação do coeficiente de correção de Pearson

Coeficiente de correlação	Correlação
$R_{xy} = 1$	Perfeita positiva
$0,8 \leq R_{xy} < 1$	Forte positiva
$0,5 \leq R_{xy} < 0,8$	Moderada positiva
$0,1 \leq R_{xy} < 0,5$	Fraca positiva
$0 \leq R_{xy} < 0,1$	Ínfima positiva
0	Nula
$-0,1 \leq R_{xy} < 0$	Ínfima negativa
$-0,5 \leq R_{xy} < -0,1$	Fraca negativa
$-0,8 \leq R_{xy} < -0,5$	Moderada negativa
$-1 \leq R_{xy} < -0,8$	Forte negativa
$R_{xy} = -1$	Perfeita negativa

Fonte: Rodrigues (2012)

Tabela 14 – Classificação dos coeficientes de correlação de Pearson com a turbidez máxima, média e mínima.

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON COM TURBIDEZ MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA							
	PADRÃO	2010	CLASSIFICAÇÃO	2011	CLASSIFICAÇÃO	2012	CLASSIFICAÇÃO
		r		r		r	
CONSUMO DE CAL HIDRATADA E SULFATO DE ALUMÍNIO (Kg)	CALXMÁX	0,44	Fraca Positiva	0,67	Moderada Positiva	0,31	Fraca Positiva
	CALXMÉD	0,73	Moderada Positiva	0,63	Moderada Positiva	0,73	Moderada Positiva
	CALXMIN	0,25	Fraca Positiva	0,49	Fraca Positiva	0,68	Moderada Positiva
	SULXMAX	0,50	Moderada Positiva	0,65	Moderada Positiva	0,48	Fraca Positiva
	SULXMED	0,82	Forte Positiva	0,65	Moderada Positiva	0,90	Forte Positiva
	SULXMIN	0,37	Fraca Positiva	0,48	Fraca Positiva	0,57	Fraca Positiva
	PADRÃO	2013	CLASSIFICAÇÃO	2014	CLASSIFICAÇÃO	2015	CLASSIFICAÇÃO
		r		r		r	
	CALXMÁX	0,75	Moderada Positiva	0,79	Moderada Positiva	0,64	Moderada Positiva
	CALXMÉD	0,90	Forte Positiva	0,87	Forte Positiva	0,61	Moderada Positiva
	CALXMIN	0,64	Moderada Positiva	0,72	Moderada Positiva	0,47	Fraca Positiva
	SULXMAX	0,73	Moderada Positiva	0,84	Forte Positiva	0,86	Moderada Positiva
SULXMED	0,93	Forte Positiva	0,94	Forte Positiva	0,83	Forte Positiva	
SULXMIN	0,62	Moderada Positiva	0,73	Moderada Positiva	0,57	Fraca Positiva	
CUSTOS DE CAL HIDRAT. E SULFATO DE ALUMÍNIO (R\$)	PADRÃO	2010	CLASSIFICAÇÃO	2011	CLASSIFICAÇÃO	2012	CLASSIFICAÇÃO
		r		r		r	
	CALXMÁX	0,44	Fraca Positiva	0,67	Moderada Positiva	0,31	Fraca Positiva
	CALXMÉD	0,73	Moderada Positiva	0,63	Moderada Positiva	0,73	Moderada Positiva
	CALXMIN	0,25	Fraca Positiva	0,49	Fraca Positiva	0,68	Moderada Positiva
	SULXMAX	0,50	Moderada Positiva	0,65	Moderada Positiva	0,48	Fraca Positiva
	SULXMED	0,82	Forte Positiva	0,65	Moderada Positiva	0,90	Forte Positiva
	SULXMIN	0,37	Fraca Positiva	0,48	Fraca Positiva	0,57	Moderada Positiva
	PADRÃO	2013	CLASSIFICAÇÃO	2014	CLASSIFICAÇÃO	2015	CLASSIFICAÇÃO
		r		r		r	
	CALXMÁX	0,75	Moderada Positiva	0,79	Moderada Positiva	0,64	Moderada Positiva
	CALXMÉD	0,90	Forte Positiva	0,87	Forte Positiva	0,61	Moderada Positiva
CALXMIN	0,64	Moderada Positiva	0,72	Moderada Positiva	0,47	Fraca Positiva	
SULXMAX	0,73	Moderada Positiva	0,84	Forte Positiva	0,86	Forte Positiva	
SULXMED	0,93	Forte Positiva	0,94	Forte Positiva	0,83	Forte Positiva	
SULXMIN	0,62	Moderada Positiva	0,73	Moderada Positiva	0,57	Moderada Positiva	

Fonte: O autor (2016)

Ao avaliar o grau de relacionamento entre as variáveis, turbidez, máxima, média e mínima, com os custos e consumos de cal hidratada e sulfato de alumínio, nos anos de 2010 a 2015, daí encontrar relações, de dependência funcional entre tais variáveis aleatórias no processo de tratamento de água, especificamente para clarificação da água bruta, procedeu-se o cruzamento das variáveis em questão, com o objetivo de identificar a influência da turbidez nos consumo e custos operacionais. Procedeu-se, portanto, a construção de diagramas de dispersão, por ser o melhor método de examinar os dados no que se refere à ocorrência de tendências (linear ou não), bem como verificar ocorrência de valores discrepantes.

Segundo Rodrigues (2012) “um diagrama de dispersão constitui-se o melhor procedimento para avaliar os dados quanto há acontecimentos de tendências (lineares ou não), ajuntamentos de uma ou mais variáveis, mudanças de espalhamento de uma variável”.

4.5.2 – Correlação de Pearson dos custos e consumos da cal hidratada, para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e mínima para o custo no processo operacional.

Conforme tabela 14, as correlações dos custos e dos consumos da cal hidratada, comportaram assim:

- Correlação dos custos com turbidez máxima: ocorreram nos anos: 2011 com correlação equivalente a 67% e 2015 equivalente a 64%, ambos sendo classificadas como **moderada positiva;**
- Correlação dos custos com turbidez média, os anos 2010 e 2012 com equivalência de 73%, também classificadas como **moderada positiva**, enquanto os anos 2013 com equivalência de 90% e 2014, correlação de 87%, ambos sendo classificados como **forte positiva;**

Portando, define-se que os anos de 2013 e 2014 apresentaram as melhores correlações dos custos da cal hidratada com a turbidez média, classificadas como **forte positiva**, não havendo nenhuma correlação com a turbidez mínima. A classificação para os consumos de cal hidratada é a mesma dos custos.

4.5.3 – Correlação de Pearson dos custos e consumos de sulfato de alumínio, para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e mínima para os custos no processo.

Conforme tabela 14, as correlações dos custos e do consumo do sulfato de alumínio, comportaram assim:

- As correlações mais significativas dos custos com sulfato de alumínio com a turbidez máxima, ocorreram nos anos 2011 equivalente a 65%, classificada como **moderada positiva** e 2015 equivalente de 86% classificada como **forte positiva**;
- As mais expressivas correlações dos custos de sulfato de alumínio com a turbidez média, foram manifestas nos anos de 2010, equivalente a 82%, no ano 2012 equivalente a 90%, no ano de 2013 equivalente de 93% e no ano de 2014 equivalente de 94% todas classificadas como **forte positiva**.

Define-se, portanto, que a maior influência para os custos de sulfato de alumínio, está relacionada com a turbidez média nos anos 2010, 2012, 2013 e 2014 e com a turbidez máxima no ano de 2015, classificadas como **forte positiva**, não ocorrendo nenhuma correlação com a turbidez mínima. A classificação para o consumo do sulfato de alumínio é a mesma dos custos.

4.5.4 - Correlações de Pearson não significativas.

Neste capítulo é demonstrado as correlações que representam relações não significativas com a turbidez máxima, média e mínima. Os valores negativos significam que enquanto uma grandeza aumenta a outra diminui, porém esta relação não é representativa para a realidade operacional de tratamento de água. As variáveis, tempo de funcionamento, custos de energia, volume aduzido e custos totais são variáveis fixas, não influenciadas pela variação da turbidez, conforme confirmada pela correlação de Pearson nas tabelas de 15 a 17. (Figuras com gráficos das dispersões estão no APÊNDICE G).

4.5.4.1- Correlação de Pearson dos custos com energia (R\$), para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e/ou mínima para o processo operacional.

Segundo a correlação de Pearson, para os custos de energia, as correlações foram classificadas como: **Nula, Forte Negativa, Fraca Negativa e Moderada negativa**, o que indica que a turbidez, máxima, média e mínima não tem qualquer influência nos custos com energia, no sistema operacional da ETA 6, conforme demonstra a tabela 15.

Tabela 15 – Classificação de dispersão Pearson do custo com energia (R\$)

COEFICIENTE DE PEARSON DO CUSTO DE ENERGIA COM TURBIDEZ MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA							
CUSTO DE ENERGIA (R\$)	PADRÃO	2010 r	CLASSIFICAÇÃO	2011 r	CLASSIFICAÇÃO	2012 r	CLASSIFICAÇÃO
	CXMÁX	-0,59	Moderada Negativa	-0,79	Moderada Negativa	-0,13	Fraca Negativa
	CXMED	-0,83	Forte Negativa	-0,82	Forte Negativa	-0,53	Moderada Negativa
	CXMIN	-0,45	Fraca Negativa	-0,67	Moderada Negativa	-0,82	Forte Negativa
	PADRÃO	2013 r	CLASSIFICAÇÃO	2014 r	CLASSIFICAÇÃO	2015 r	CLASSIFICAÇÃO
	CXMÁX	0,00	Nula	-0,28	Fraca Negativa	-0,45	Fraca Negativa
	CXMED	-0,20	Fraca Negativa	-0,54	Moderada Negativa	-0,55	Moderada Negativa
	CXMIN	-0,20	Fraca Negativa	-0,73	Fraca Negativa	-0,67	Moderada Negativa

Fonte: O autor (2016)

Considera-se que os custos com energia para funcionamento da unidade operacional independe da oscilação da qualidade da água, sendo influenciada pelo tempo de funcionamento, e pela demanda requerida (Figuras dos gráficos das dispersões, estão no APÊNDICE G).

4.5.4.2 - Correlação de Pearson com tempo de funcionamento para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e/ou mínima para o processo operacional.

Com base na correlação de Pearson, para o tempo de funcionamento (h), as correlações foram classificadas como **Forte Negativa, Fraca Negativa e Moderada negativa**, demonstrado na tabela 16, o que indica que a turbidez, máxima, média e mínima não influencia no tempo de funcionamento do sistema operacional da ETA 6 e mais em função da demanda requerida, gestão de tempo e de energia, e atenção aos reservatórios tanto

interno da unidade, quanto aos de distribuição localizados em cota altimétrica compatíveis com zonas de abastecimento.

Tabela 16 – Classificação de dispersão Pearson do tempo de funcionamento (h)

COEFICIENTE DE PEARSON DO TEMPO DE FUNCIONAMENTO COM TURBIDEZ MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA							
TEMPO DE FUNC. (h)	PADRÃO	2010 r	CLASSIFICAÇÃO	2011 r	CLASSIFICAÇÃO	2012 r	CLASSIFICAÇÃO
	TFXMÁX	-0,46	Fraca Negativa	-0,80	Forte Negativa	-0,14	Fraca Negativa
	TFXMÉDIA	-0,44	Fraca Negativa	-0,88	Forte Negativa	-0,61	Moderada Negativa
	TFXMIN	-0,49	Fraca Negativa	-0,60	Moderada Negativa	-0,65	Moderada Negativa
	PADRÃO	2013 r	CLASSIFICAÇÃO	2014 r	CLASSIFICAÇÃO	2015 r	CLASSIFICAÇÃO
	TFXMÁX	-0,44	Fraca Negativa	-0,35	Fraca Negativa	-0,14	Fraca Negativa
	TFXMÉDIA	-0,63	Moderada Negativa	-0,69	Moderada Negativa	-0,17	Fraca Negativa
	TFXMIN	-0,46	Fraca Negativa	-0,86	Forte Negativa	-0,31	Fraca Negativa

Fonte: O autor (2016)

4.5.4.3 - Correlação de Pearson do volume aduzido, para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e/ou mínima para o processo operacional.

Com base na correlação de Pearson, as correlações, foram classificadas como **Forte Negativa, Fraca Negativa e Moderada negativa**, o que indica que a turbidez, máxima, média e mínima para este estudo, não influenciou no volume aduzido, conforme demonstra na tabela 17.

Tabela 17 – Classificação de dispersão Pearson do volume aduzido (m³)

COEFICIENTE DE PEARSON DO VOLUME ADUZIDO COM TURBIDEZ MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA							
VOLUME ADUZIDO (m³)	PADRÃO	2010 r	CLASSIFICAÇÃO	2011 r	CLASSIFICAÇÃO	2012 r	CLASSIFICAÇÃO
	VAXMAX	-0,11	Fraca Negativa	-0,54	Moderada Negativa	-0,28	Fraca Negativa
	VAXMED	-0,23	Fraca Negativa	-0,57	Moderada Negativa	-0,67	Moderada Negativa
	VAXMIN	-0,51	Moderada Negativa	-0,30	Fraca Negativa	-0,92	Forte Negativa
	PADRÃO	2013 r	CLASSIFICAÇÃO	2014 r	CLASSIFICAÇÃO	2015 r	CLASSIFICAÇÃO
	VAXMAX	-0,49	Fraca Negativa	0,04	Fraca Positiva	-0,71	Moderada Negativa
	VAXMED	-0,55	Moderada Negativa	-0,38	Fraca Negativa	-0,87	Forte Negativa
	VAXMIN	-0,35	Fraca Negativa	-0,77	Moderada Negativa	-0,75	Moderada Negativa

Fonte: O autor (2016)

4.5.4.4 - Correlação de Pearson dos custos totais, para identificar qual influência da turbidez, máxima, média e/ou mínima para o processo operacional.

Com base na correlação de Pearson, para os custos totais, as correlações foram classificadas como **fraca positiva, fraca negativa e moderada negativa** o que indica que a turbidez, máxima, média e mínima não influencia nos custos do sistema operacional da ETA 6, conforme demonstra na tabela 18.

Tabela 18 – Classificação de dispersão Pearson do custo total

COEFICIENTE DE PEARSON DO CUSTO TOTAL COM TURBIDEZ MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA							
CUSTO TOTAL (R\$)	PADRÃO	2010 r	CLASSIFICAÇÃO	2011 r	CLASSIFICAÇÃO	2012 r	CLASSIFICAÇÃO
	CPXMÁX	-0,54	Moderada Negativa	-0,56	Moderada Negativa	0,02	Fraca Positiva
	CPXMED	-0,70	Moderada Negativa	-0,59	Moderada Negativa	-0,26	Fraca Negativa
	CPXMIN	-0,43	Fraca Negativa	-0,52	Moderada Negativa	-0,67	Moderada Negativa
	PADRÃO	2013 r	CLASSIFICAÇÃO	2014 r	CLASSIFICAÇÃO	2015 r	CLASSIFICAÇÃO
	CPXMÁX	0,20	Fraca Positiva	-0,10	Fraca Negativa	-0,29	Fraca Negativa
	CPXMED	0,06	Fraca Positiva	-0,36	Fraca Negativa	-0,40	Fraca Negativa
	CPXMIN	-0,02	Fraca Negativa	-0,62	Moderada Negativa	-0,56	Moderada Negativa

Fonte: O autor (2016)

4.6 - Estudo da variância dos componentes do processo, utilizando método ANOVA e comparação pareadas com teste Tukey.

Ao questionar se a média é significativamente diferente de zero, entende-se que o modelo será ajustado de forma significativa. Com isso tem-se, que o coeficiente de variação é inferior a 0,50, logo o grau de dispersão é pequeno e pode-se concluir que a média é representativa.

Quanto a este estudo, os resultados de ANOVA mostram que o modelo é significativo pois o valor-P é inferior a 0,05. Considera-se, portanto, que o parâmetro β (média) é significativamente diferente de zero. Como nossa meta é determinar a 95% de confiança o $\alpha = 0,05$ e como o p-value $< 0,05$ e F maior que o F crítico, rejeitando a hipótese nula de que as variáveis não se encontram associadas.

Portanto, identificou-se nas tabelas 19 a 25 e quadros 02 a 08 evidências significativas quanto ao nível de correlação para os grupos: consumos e custos do sulfato de alumínio, custos de cal hidratada, custos com energia, volume aduzido e custos com pessoal, encontram-se relacionados e que em todas combinações foram confirmadas pelo comparação pareada do teste Tukey.

Porém para os grupos, consumo de cal hidratada (tabela 26 e quadro 09), turbidez máxima (tabela 27 e quadro 10), turbidez média (tabela 28 e quadro 11) e mínima (tabela 29 e quadro 12), os resultados segundo à ANOVA, mostraram que o modelo não é significativo, pois o valor- $p > 0,05$ e $F < F_{crítico}$, comprovada também, através da comparação pareada do teste Tukey com o teste F, a ausência de significância da análise de variância ANOVA.

Segundo Barros e Reis (2003) o procedimento ou teste de Tukey é um teste que estabelece a diferença mínima necessária para que as médias possam ser consideradas, significativamente, diferentes. Contudo, o teste concebe somente comparações aos pares. Neste caso a média de qualquer grupo pode ser comparada a média de qualquer outro grupo. (Tabelas dos componentes dos grupos no APÊNDICE H).

4.6.1 - Para componentes custos com sulfato de alumínio (R\$).

A tabela 19 e quadro 02, demonstram a comparação pareada do teste Tukey com o teste F, comprovando a significância da análise de variância ANOVA, para o grupo custos com Sulfato de alumínio.

Tabela 19 – Análise de variância para os grupos: custos com sulfato de alumínio

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	4,033E+09	5	806503589	5,99	0,0001	2,35
Dentro dos grupos	8,881E+09	66	134560268			
Total	1,291E+10	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 02 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
5,99	30,7	0,0000

Fonte: O autor (2016)

4.6.2 - Para componentes custos com cal hidratada (R\$).

A tabela 20 e quadro 03, demonstram a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a significância da análise de variância ANOVA, para o grupo custos com Cal hidratada.

Tabela 20 – Análise de variância para os grupos: custos com Cal hidratada

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	7,47E+13	5	1,49E+08	51,37	0,0000	2,35
Dentro dos grupo	1,92E+08	66	2,91E+06			
Total	9,38E+08	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 03 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Turkey c/ teste F		
F	df	p(same)
51,37	30,37	0,0000

Fonte: O autor (2016)

4.6.3 - Para componente custos de energia (R\$).

A tabela 21 e quadro 04 demonstram a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a significância da análise de variância ANOVA, para o grupo custos com energia.

Tabela 21 – Análise de variância para os grupos: custos com energia.

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	3,956E+11	5	7,9111E+10	42,70	0,0000	2,35
Dentro dos grupos	1,223E+11	66	1852936665			
Total	5,178E+11	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 04 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
42,7	30,46	0,0000

Fonte: O autor (2016)

4.6.4 - Para componente de volume aduzido (m³).

A tabela 22 e quadro 05, apresentam a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a significância da análise de variância ANOVA, para o grupo volume aduzido.

Tabela 22 – Análise de variância para os grupos:

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5,767E+12	5	1,1535E+12	64,55	0,0000	2,35
Dentro dos grupos	1,179E+12	66	1,7871E+10			
Total	6,947E+12	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 05 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
64,55	30,5	0,0000

Fonte: O autor (2016)

4.6.5 - Para componente de consumos de sulfato de alumínio (Kg).

A tabela 23 e quadro 06, apresentam a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a significância da análise de variância ANOVA, para o grupo consumos de sulfato de alumínio.

Tabela 23 – Análise de variância para os grupos: consumo de sulfato de alumínio

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	9,77E+09	5	1,95E+09	11,17	0,0000	2,35
Dentro dos grupos	1,16E+10	66	1,75E+08			
Total	2,13E+10	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 06 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
11,17	25,93	0,0001

Fonte: O autor (2016)

4.6.6 - Para componente de custos com pessoal (R\$).

A tabela 24 e quadro 07, demonstram a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a significância da análise de variância ANOVA, para o grupo custos com pessoal.

Tabela 24 – Análise de variância para os grupos: custos com pessoal.

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1,56E+09	5	3,11E+08	151,23	0,0000	2,35
Dentro dos grupos	1,36E+08	66	2,06E+06			
Total	1,692E+09	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 07 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
151,23	30,1	0,0000

Fonte: O autor (2016)

4.6.7 - Para componente de custos totais (R\$).

A tabela 25 e quadro 08, demonstram a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a significância da análise de variância ANOVA, para o grupo custos totais,

Tabela 25 - Análise de variância para os grupos: custos total.

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5,26E+11	5	1,05E+11	61,40	0,0000	2,35
Dentro dos grupos	1,13E+11	66	1,71E+09			
Total	6,40E+11	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 08 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
61,4	30,27	0,0000

Fonte: O autor (2016)

4.6.8 - Para componente de consumo de cal hidratada (Kg).

A tabela 26 e quadro 09, demonstram a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a ausência de significância da análise de variância ANOVA, para o grupo consumos de cal hidratada, em função do valor-P apresentar $> 0,05$.

Tabela 26 – Análise de variância para os grupos: consumo de cal hidratada

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	7,00E+07	5	1,40E+07	1,59	0,1751	2,35
Dentro dos grupos	5,81E+08	66	8,81E+06			
Total	6,51E+08	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 09 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
1,59	30,62	0,1751

Fonte: O autor (2016)

4.6.9 - Para componente de turbidez máxima.

A tabela 27 e quadro 10, demonstram a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a ausência de significância da análise de variância ANOVA, para o grupo turbidez máxima.

Tabela 27 – Análise de variância para os grupos: turbidez máxima.

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	4,35E+05	5	8,70E+04	1,24	0,30	2,35
Dentro dos grupos	4,64E+06	66	7,02E+04			
Total	5,07E+06	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 10 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
1,239	30,69	0,3010

Fonte: O autor (2016)

4.6.10 - Para componente de turbidez média (uT).

A tabela 28 e quadro 11 demonstram a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a ausência de significância da análise de variância ANOVA, para o grupo turbidez média.

Tabela 28 – Análise de variância para os grupos.

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1,45E+03	5	2,90E+02	0,52	0,7607	2,35
Dentro dos grupos	3,68E+04	66	5,57E+02			
Total	3,82E+04	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 11 – Comparação pareada do teste Tukey.

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
1	30,59	0,7607

Fonte: O autor (2016)

4.6.11 - Para componente de turbidez mínima.

A tabela 29 e quadro 12 demonstram a comparação pareada do teste Tukey com teste F, comprovando a ausência de significância da análise de variância ANOVA, para o grupo turbidez mínima.

Tabela 29 – Análise de variância para os grupos: turbidez mínima.

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	4,31E+01	5	8,63E+00	0,40	0,8437	2,35
Dentro dos grupos	1,41E+03	66	2,13E+01			
Total	1,45E+03	71				

Fonte: O autor (2016)

Quadro 12 – comparação pareada do teste Tukey

Comparação Tukey c/ teste F		
F	df	p(same)
0,405	29,55	0,8437

Fonte: O autor (2016)

4.7 - Definição do coeficiente de determinação dos custos por meio de regressão linear múltipla.

Tem-se como objetivo da análise de regressão múltipla determinar a significância individual de cada Variáveis Independentes que, em conjunto, melhor explicam o comportamento da Variável Dependente. Neste estudo pretende-se prever mudanças da variável dos custos totais, que correlaciona com as mudanças das variáveis independentes (custos com energia, custos com pessoal, e custos com produtos químicos (cal hidratada e sulfato de alumínio).

As variáveis com correlações mais significativas serão aquelas que predizem a um modelo que melhor define a variável Dependente.

Porém como o estudo foi aplicado no campo do tratamento de água, a escolha das variáveis Independentes foram relevante na interpretação dos resultados dos custos. Não se trata das escolhas aleatórias de variáveis, mas, utilizou-se de todas as variáveis envolvidas no processo de clarificação da água, de forma que produzisse significado ao contexto estudado.

O modelo de regressão linear, foi construído buscando estabelecer o quanto as variáveis custos com energia elétrica, custos com pessoal e custos com produtos químicos (cal hidratada e sulfato de alumínio) influenciam nos custos total.

Foram gerados modelos por meio do método estatístico, partir de análises de regressão múltipla dos dados conhecidos do período de 2010 a 2015, de forma que gerou modelos que relacionassem, custos totais com os custos com energia elétrica, custos com pessoal e os custos com produtos químicos (cal hidratada e sulfato de alumínio), na etapa de clarificação, relacionando com a turbidez da água bruta.

A capacidade preditiva de cada modelo foi avaliada pela diferença percentual entre os valores conhecidos e aquele determinado pelo modelo, quando da aplicação dos dados que o geraram. Além das análises das diferenças percentuais também foram avaliados os coeficientes de determinação, sendo desconsiderados os que apresentaram valor- $P > 0,05$, por não influenciar no modelo.

A verificação da capacidade preditiva mostrou que, dentre os modelos, o que envolve os parâmetros turbidez, apresentaram valor-P superior a 5%, comportamento demonstrados nos testes ANOVA itens 4.6.8 a 4.6.11 confirmadas pela comparação pareada do teste nos testes Tukey com o teste F, comprovando a ausência de significância da análise de variância ANOVA, para o grupo turbidez, máxima, média e mínima, (quadros 09 a 12). Portanto, foi considerado que o parâmetro turbidez, não promove influência nos custos total do sistema de tratamento de água. (tabelas dos componentes dos grupos no APÊNDICE I).

4.7.1 - Regressão múltipla para fatores custos totais, referente ao período de 2010 a 2015.

A tabela 30, apresenta os resultados da avaliação estatística de regressão múltipla, com os atributos, F de significância, R², valor-P e os coeficientes, para construção do coeficiente de determinação dos custos total no período de 2010 a 2015.

Tabela 30 – estatística de regressão múltipla dos grupos: custos totais (2010 – 2015)

ANOVA						
	gl	SQ	MQ	F	F de signif.	R ²
Regressão	4	6,33E+11	1,58E+11	1,02E+05	0,00	0,9998
Resíduo	67	1,04E+08	1,55E+06			
Total	71	6,33E+11				

CUSTOS	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	-1,93E+03	2113,16	-0,91	0,364	-6150,95	2284,82
PESSOAL (R\$)	1,040	0,06	16,14	0,000	0,91	1,17
ENERGIA (R\$)	0,993	0,00	285,00	0,000	0,99	1,00
SULFATO (R\$)	0,958	0,02	47,70	0,000	0,92	1,00
CAL R\$	1,494	0,10	15,68	0,000	1,30	1,68

Fonte: O autor (2016)

Coeficiente de determinação dos custos totais para o período de 2010 a 2015, expressado assim:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon, .$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 cp + \beta_2 ce + \beta_3 cs + \beta_4 cc$$

$$y = -1933,0653 + 1040cp + 0,993ce + 0,958cs + 1,494cc$$

$$y = -1933,0653 + 1040*3045984,8 + 0,993*12805296,57 + 0,958*1638100,33 + 1,494*453083,83$$

Assim, o modelo de regressão ajustado para o período de 2010 a 2015, definindo o coeficiente de determinação aos grupos de dados é, $y = -1933,0653 + 1040cp + 0,993ce + 0,958cs + 1,494cc$. A partir desta equação é possível prognosticar os valores (esperados através do modelo) de y e predizer observações futuras para a mesma variável. Por exemplo, o valor ajustado será $y = -1933,0653 + 1040*3045984,8 + 0,993*12805296,57 + 0,958*1638100,33 + 1,494*453083,83$, valor observado correspondente é $y = 18.131.259,16$

Em que:

β_0 = Coeficiente de interseção

β_1 = Coeficiente efetivo dos custos de pessoal

cp = Custos com pessoal

β_2 = Coeficiente efetivo dos custos energia elétrica

Ce = Custos com energia elétrica

β_3 = Coeficiente efetivo dos custos com sulfato de alumínio de alumínio

cs = Custos com sulfato de alumínio

β_4 = Coeficiente efetivo dos custos com cal hidratada

cc = Custos com cal hidratada

Ao analisar a tabela 30 considera-se que:

Com o valor de $R^2 = 0,98$, apodera-se da ideia da qualidade do ajuste de que 98% da variabilidade dos dados são explicadas pelo modelo de regressão, assumindo, portanto que o modelo se ajustou muito bem ao conjunto de dados. Apresenta uma análise descritiva do grau

de liberdade, soma dos quadrados e o mais importante para esta análise o F de significação, que apresentou valor inferior a 5%, dando a garantia que há evidência em que pelo menos uma variável no modelo está relacionada com os custos totais, ou seja como o valor-p do teste $F < 0,05$, há evidência estatística.

Pelo teste de significância individual, conclui-se que há evidência estatística para as variáveis CUSTOS COM PESSOAL, CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são significativos para o modelo, uma vez que o valor-p para os quatro coeficientes foram menores do que $\alpha = 5\%$ (valores- $p < 0,05$).

Pelos coeficientes, temos as estimativas do intercepto e dos coeficientes relacionados às variáveis de entrada. Como o coeficiente das variáveis CUSTOS COM PESSOAL, CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são positivas, concluímos que no intervalo da análise, um aumento deste, provoca aumento também nos custos totais.

Como os valores calculados foram menores do que $\alpha = 5\%$, rejeitamos a hipótese nula, o que significa que o intercepto e as variáveis de entrada são importantes para o modelo.

4.7.2 - Regressão múltipla em função do fator custos totais referente ao ano 2010.

A tabela 31 apresenta os resultados da avaliação estatística de regressão múltipla, com os atributos, F de significância, R^2 , valor-P e os coeficientes, para construção do coeficiente de determinação dos custos totais no período de 2010.

Tabela 31 – estatística de regressão múltipla dos grupos: custos totais 2010

ANOVA						
	gl	SQ	MQ	F	F de signif.	R ²
Regressão	4	3,01E+12	7,52E+11	2,09E+32	0,00	1
Resíduo	8	2,89E-20	3,61E-21			
Total	12	3,01E+12				

CUSTOS	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor - P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	-5,46E-12	1,97E-11	-2,77E-01	79%	-5,08E-11	3,99E-11
PESSOAL (R\$)	1	4,56E-15	2,19E+14	0%	1	1
ENERGIA (R\$)	1	1,67E-15	5,99E+14	0%	1	1
SULFATO (R\$)	1	1,68E-14	5,96E+13	0%	1	1
CAL R\$	1	1,10E-13	9,10E+12	0%	1	1

Fonte: O autor (2016)

Coeficiente de determinação dos custos totais para o período de 2010, assim representado:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon, .$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 cp + \beta_2 ce + \beta_3 cs + \beta_4 cc$$

$$y = -5,457E-12 + cp + ce + cs + cc$$

Assim, o modelo de regressão ajustado para o ano de 2010, definindo o coeficiente de determinação aos dados é, $y = -5,457E-12 + cp + ce + cs + cc$. A partir desta equação é possível prognosticar os valores (esperados através do modelo) de y e prever observações futuras para a mesma variável. Por exemplo, o valor ajustado será $y = -5,457E-12 + 438575,6 + 1244950,49 + 228788,42 + 55101,06$, valor observado correspondente é $y = 1.967.415,57$

Considera-se a tabela 31 que apresenta o valor de $R^2 = 1$ tem-se que cerca de 100% da variabilidade dos dados é explicada e que o conjunto de dados foram ajustados ao modelo de regressão. A análise descritiva do grau de liberdade, soma dos quadrados, F de significação, que com valor inferior a 5%, indica que há evidência de que pelo menos uma variável no modelo está relacionada com o custo total, ou seja como o valor-p do teste $F < 0,05$, há evidência estatística.

Para o teste de significância individual, pondera-se que há evidência estatística para as variáveis CUSTOS COM PESSOAL, CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são significativos para o modelo, uma vez que o valor-p para os quatro coeficientes foram menores do que $\alpha=5\%$ (valores-p<0,05).

Ainda na tabela 31 os Coeficientes, dotam-se de estimativas do intercepto e dos coeficientes relacionados às variáveis de entrada. Como o coeficiente das variáveis CUSTOS COM PESSOAL, CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são positivas, conclui-se que no intervalo da análise, um aumento deste provoca aumento também nos custo totais. Afirma-se também que como os valores calculados foram menores do que $\alpha=5\%$, rejeitando assim a hipótese nula, o que significa que o intercepto e as variáveis de entrada são importantes para o modelo.

4.7.3 - Regressão múltipla em função do fator custos total referente ao ano 2011.

A tabela 32 apresenta os resultados da avaliação estatística de regressão múltipla, com os atributos, F de significância, R², valor-P e os coeficientes, para construção do coeficiente de determinação dos custos totais no período de 2011.

Tabela 32 – estatística de regressão dos grupos: custos totais (2011).

ANOVA						
	gl	SQ	MQ	F	F de signif.	R ²
Regressão	4	7,08E+09	1,77E+09	1,44E+31	0,00	1
Resíduo	7	8,59E-22	1,23E-22			
Total	11	7,08E+09				

CUSTOS	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	-9,05E-11	3,96E-10	-2,28E-01	83%	-1,03E-09	8,47E-10
PESSOAL (R\$)	1	1,06E-14	9,43E+13	0%	1	1
ENERGIA (R\$)	1	3,78E-16	2,64E+15	0%	1	1
SULFATO R\$	1	2,79E-15	3,58E+14	0%	1	1
CAL R\$	1	2,43E-14	4,12E+13	0%	1	1

Fonte: O autor (2016)

Coeficiente de determinação dos custos totais para o período de 2011, assim representado:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon, .$$

$$y = 9.05E-11 + 1cp + ce + 1cs + 1cc$$

Com isso, o modelo de regressão ajustado para o ano de 2011, definindo o coeficiente de determinação aos dados é, com duas casas decimais, $y = 9.05E-11 + 1cp + ce + 1cs + 1cc$. A partir desta equação é possível obter os valores estimados (esperados através do modelo) de y e prever observações futuras para mesma variável. Por exemplo, o valor ajustado será $y = 9.05E-11 + 458726,4 + 1190470,94 + 211310,32 + 46069,92$, valor observado correspondente é $y = 1,906,579,58$

Ao estudar a tabela 32 que apresenta o valor de $R^2 = 1$, tem-se a ideia da qualidade do ajuste, inferindo assim que cerca de 100% da variabilidade dos dados é explicada pelo modelo de regressão, e assim, indicar que o modelo se ajusta muito bem ao conjunto de dados.

Apresenta ainda, uma análise descritiva do grau de liberdade, soma dos quadrados, F de significação, inferior a 5%, evidenciando que pelo menos uma variável no modelo se relaciona com o custo total, ou seja como o valor-p do teste $F < 0,05$, há evidência estatística.

Os Coeficientes apresentam o teste de significância individual, condicionando, portanto, a evidências estatística para as variáveis CUSTOS COM PESSOAL, CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são significativos para o modelo, uma vez que o valor-p para os quatro coeficientes foram menores do que $\alpha = 5\%$ (valores- $p < 0,05$) e ao observar as estimativas do intercepto e dos coeficientes relacionados às variáveis de entrada, concluímos que no intervalo da análise, um aumento deste provoca aumento também no custo total.

Como os valores calculados foram menores do que $\alpha = 5\%$, rejeitamos a hipótese nula, o que significa que o intercepto e as variáveis de entrada são importantes para o modelo.

4.7.4 - Regressão múltipla em função do fator dos custos totais referente ao ano 2012.

A tabela 33 apresenta os resultados da avaliação estatística de regressão múltipla, com os atributos, F de significância, R^2 , valor-P e os coeficientes, para construção do coeficiente de determinação dos custos totais no período de 2012.

Tabela 33 – estatística de regressão dos grupos: custos totais (2012)

ANOVA						
	gl	SQ	MQ	F	F de signif.	R ²
Regressão	4	1,28E+10	3,20E+09	4,22E+30	0,00	1
Resíduo	7	5,31E-21	7,58E-22			
Total	11	1,28E+10				

CUSTOS	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	1,41E-10	9,23E-10	1,53E-01	88%	-2,04E-09	2,32E-09
PESSOAL (R\$)	1	2,36E-14	4,25E+13	0%	1	1
ENERGIA (R\$)	1	3,72E-16	2,69E+15	0%	1	1
SULFATO R\$	1	1,88E-15	5,31E+14	0%	1	1
CAL R\$	1	2,07E-14	4,84E+13	0%	1	1

Fonte: O autor (2016)

Coeficiente de determinação dos custos totais para o período de 2012, assim representado:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon, .$$

$$y = \beta_0 + cp + ce + cs + cc$$

Assim, o modelo de regressão ajustado para o ano de 2012, definindo o coeficiente de determinação aos dados é, com duas casas decimais, $y = 1,04097E-10 + cp + ce + cs + cc$.

A partir desta equação é possível obter os valores estimados (esperados através do modelo) de y e prognosticar observações futuras para a mesma variável. Por exemplo, o valor ajustado será $y = 1,04097E-10 + 475569,60 + 2012606,74 + 268017,77 + 66695,55$, valor observado correspondente é $y = 2.822.889,66$.

Observa-se que a tabela 33 apresenta o valor de $R^2=1$, tem-se portanto, a ideia da qualidade do ajuste, permitindo a inferência de que cerca de 100% da variabilidade dos dados é explicada pelo modelo de regressão, e que o modelo se ajusta muito bem ao conjunto de dados.

Quando a análise descritiva do grau de liberdade, soma dos quadrados, F de significação, inferior a 5%, evidencia-se que pelo menos uma variável no modelo se relaciona com o custo total, ou seja como o valor-p do teste $F < 0,05$, há evidência estatística.

Nos coeficientes, apresentam o teste de significância individual, portanto, pode-se afirmar que há evidência estatística para as variáveis CUSTOS COM PESSOAL, CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são significativos para o modelo, uma vez que o valor-p para os quatro coeficientes foram menores do que $\alpha=5\%$ (valores-p<0,05) e ao observar as estimativas do intercepto e dos coeficientes relacionados às variáveis de entrada, concluímos que no intervalo da análise, um aumento deste provoca aumento também nos custos totais.

Como os valores calculados foram menores do que $\alpha=5\%$, rejeitamos a hipótese nula, o que significa que o intercepto e as variáveis de entrada são importantes para o modelo.

4.7.5 - Regressão múltipla em função do fator custos total referente ao ano 2013.

A tabela 34 apresenta os resultados da avaliação estatística de regressão múltipla, e apresenta o F de significância, R^2 , valor-P e os coeficientes, para construção do coeficiente de determinação dos custos totais no período de 2013.

Tabela 34 – estatística de regressão dos grupos: custos totais (2013)

ANOVA						
	gl	SQ	MQ	F	F de signif.	R^2
Regressão	4	2,53E+10	6,32E+09	1,49E+31	0,00	1
Resíduo	7	2,96E-21	4,23E-22			
Total	11	2,53E+10				

CUSTOS	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	4,52E+04	2,38E-10	1,90E+14	0%	4,52E+04	4,52E+04
PESSOAL (R\$)	-4,553E-15	4,56E-15	-9,98E-01	35%	-1,53E-14	6,23E-15
ENERGIA (R\$)	1	2,56E-16	3,90E+15	0%	1	1
SULFATO R\$	1	4,02E-15	2,49E+14	0%	1	1
CAL R\$	1	1,88E-14	5,32E+13	0%	1	1

Fonte: O autor (2016)

Coefficiente de determinação dos custos totais para o período de 2013, assim representado:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon, .$$

$$y = \beta_0 + cp + ce + cs + cc$$

$$y = 45196,8 + (-4,553E-15cp) + ce + cs + cc$$

Assim, o modelo de regressão ajustado para o ano de 2013, definindo o coeficiente de determinação aos dados é, com uma casa decimal, $y = 45196,8 + (-4,553E-15cp) + ce + cs + cc$.

A partir desta equação é possível obter os valores estimados (esperados através do modelo) de Y e predizer observações futuras para a mesma variável. Por exemplo, o valor ajustado será $y = 45196,8 + (-4,553E-15 * 516951,6) + 1950704,97 + 260438,4 + 111020,8$, valor observado correspondente é $y = 2.864.525,77$

Como o valor-P = 0,35 para os custos como pessoal ficou maior que alfa = 5%, significando que o intercepto e as variáveis de entrada não são estatisticamente importantes para o modelo, ou seja provocando diferença de 497,164,80 (-21%), entre os valores conhecido e calculados pela equação de coeficiente de determinação.

Ao analisar a tabela 34 percebe-se que: o valor de R^2 tendo a ideia da qualidade do ajuste. Dado seu valor, de 1, temos que cerca de 100% da variabilidade dos dados é explicada pelo modelo de regressão, e assim, obtêm um indício de que o modelo se ajustou muito bem ao conjunto de dados.

A análise descritiva do grau de liberdade, soma dos quadrados e a análise o F de significação, que apresentou valor inferior a 5%, com garantia de que há evidência de que pelo menos uma variável no modelo está relacionada com os custos totais, ou seja, como o valor-p do teste $F < 0,05$, há evidência estatística.

Como os valores calculados foram menores do que $\alpha = 5\%$, rejeitamos a hipótese nula, o que significa que o intercepto e as variáveis de entrada são importantes para o modelo, exceto para CUSTOS COM PESSOAL.

Observa-se também que o teste de significância individual, apresenta evidência estatística para as variáveis CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE

ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são significativos estatisticamente para o modelo, uma vez que o valor-p para os três coeficientes foram menores do que $\alpha=5\%$ (valores- $p<0,05$).

Porém para os Coeficientes, tem-se as estimativas do intercepto e dos coeficientes relacionados às variáveis de entrada. Como o coeficiente das variáveis CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são positivas, concluímos que no intervalo da análise, um aumento deste provoca aumento também no custo total, divergindo, contudo, o coeficiente das variáveis CUSTOS COM PESSOAL, com efeito contrário.

4.7.6 - Regressão múltipla em função do fator custos totais referente ao ano 2014.

A tabela 35 apresenta os resultados da avaliação estatística de regressão múltipla, com os atributos, F de significância, R^2 , valor-P e os coeficientes, para construção do coeficiente de determinação dos custos totais no período de 2014.

Tabela 35 – Estatística de regressão dos grupos: custos totais 2014

ANOVA						
	gl	SQ	MQ	F	F de signif.	R^2
Regressão	4	2,87E+10	7,17E+09	4,40E+31	0,00	1
Resíduo	7	1,14E-21	1,63E-22			
Total	11	2,87E+10				

CUSTOS	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	4,81E+04	1,83E-10	2,63E+14	0%	4,81E+04	4,81E+04
PESSOAL (R\$)	3,411E-15	4,10E-15	8,32E-01	43%	-6,29E-15	1,311E-14
ENERGIA (R\$)	1	1,12E-16	8,92E+15	0%	1	1
SULFATO (R\$)	1	1,12E-15	8,94E+14	0%	1	1
CAL R\$	1	7,16E-15	1,40E+14	0%	1	1

Fonte: O autor (2016)

Coeficiente de determinação dos custos totais para o período de 2014

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon, .$$

$$y = \beta_0 + cp + ce + cs + cc$$

$$y = 48100,8 + (3,41098E-15cp) + ce + cs + cc$$

Assim, o modelo de regressão ajustado para o ano de 2014, definindo o coeficiente de determinação aos dados com duas casas decimais, é, $y = 48100,80 + (3,41E-15cp) + ce + cs + cc$.

A partir desta equação é possível obter os valores estimados (almejados através do modelo) de y e prever observações futuras para a mesma variável. Por exemplo, valor ajustado será $y = 48100,80 + (3,41098E-15 * 562689,60) + 2580609,63 + 288536,24 + 73521,00$, valor observado correspondente é $y = 3.519.876,47$.

Como o valor-P = 0,43 para o CUSTOS COM PESSOAL ser maior que alfa = 5%, significando que o intercepto e as variáveis de entrada não são estatisticamente importantes para o modelo, ou seja, com diferença de 529,108,80 (-17,61%), entre os valores conhecido e calculados pela equação de coeficiente de determinação.

Ao estudar os resultados da tabela 35 percebe-se que apresenta o valor de R^2 em que concebe a ideia da qualidade do ajuste. Dado seu valor de 1, atribuindo que 100% da variabilidade dos dados é explicada pelo modelo de regressão, e assim, alcança um indicador de que o modelo se ajustou muito bem ao conjunto de dados.

Ao proceder a análise descritiva do grau de liberdade, soma dos quadrados e o importante para esta análise, o F de significação, que apresentou valor inferior a 5%, com garantia de que há evidência de que pelo menos uma variável no modelo está relacionada com os custos totais, ou seja como o valor-p do teste $F < 0,05$, há evidência estatística.

Quanto ao teste de significância individual, concluímos que há evidência estatística para as variáveis CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são significativos para o modelo, uma vez que o valor-p para os três coeficientes foram menores do que $\alpha = 5\%$ (valores-p < 0,05),

Para os Coeficientes encontrados, temos as estimativas do intercepto e dos coeficientes relacionados às variáveis de entrada. Como o coeficiente das variáveis CUSTOS COM

PESSOAL, CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são positivas, conclui-se que no intervalo da análise, um aumento deste provoca aumento também nos custos totais.

Como os valores calculados foram menores do que $\alpha=5\%$, rejeitamos a hipótese nula, o que significa que o intercepto e as variáveis de entrada são estatisticamente importantes para o modelo, exceto para as variáveis CUSTOS COM PESSOAL.

4.7.7 - Regressão múltipla em função do fator custos totais referente ao ano 2015.

A tabela 36 apresenta os resultados da avaliação estatística de regressão múltipla, com os atributos, F de significância, R^2 , valor-P e os coeficientes, para construção do coeficiente de determinação dos custos totais no período de 2015.

Tabela 36 – estatística de regressão dos grupos: custos totais 2015.

ANOVA						
	gl	SQ	MQ	F	F de signif.	R ²
Regressão	4	3,33E+10	8,33E+09	2,81E+31	0,00	1
Resíduo	7	2,08E-21	2,97E-22			
Total	11	3,33E+10				

CUSTOS	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	50424,00	3,85E-10	1,31E+14	0,00	50424	50424
PESSOAL (R\$)	-1,66E-14	8,39E-15	-1,97E+00	0,09	-3,64E-14	3,29E-15
ENERGIA (R\$)	1	1,92E-16	5,21E+15	0,00	1	1
SULFATO (R\$)	1	1,62E-15	6,19E+14	0,00	1	1
CAL (R\$)	1	1,16E-14	8,62E+13	0,00	1	1

Fonte: O autor (2016)

Coefficiente de determinação dos custos totais para o período de 2015, assim representado:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon, .$$

$$y = \beta_0 + cp + ce + cs + cc$$

$$y = 50424 + (-1,66E-14cp) + ce + cs + cc$$

Assim, o modelo de regressão ajustado para o ano de 2015, definindo o coeficiente de determinação aos dados, com duas casas decimais, é, $y = 50424 + (-1,66E-14cp) + ce + cs + cc$. A partir desta equação é possível obter os valores estimados (esperados através do modelo) de y e prever observações futuras para a mesma variável. Por exemplo, o valor ajustado será $Y = 50424,15 + (-1,66E-14*59372) + 3825953,81 + 381007,18 + 1006755,25$ valor observado correspondente é $y = 4.912.724,48$.

Como o valor-P = 0,09 para os custos como pessoal apresentou maior que $\alpha = 5\%$, significando que o intercepto e as variáveis de entrada não são importantes para o modelo, ou seja provocando diferença de 554,664,00 (-13 %), entre os valores conhecido e calculados pela equação de coeficiente de determinação.

E na tabela 36 apresenta uma análise descritiva do grau de liberdade, soma dos quadrados e com importante para esta análise o F de significação, que apresentou valor inferior a 5%, com garantia de que há evidência de que pelo menos uma variável no modelo está relacionada com o custo total, ou seja, como o valor-p do teste $F < 0,05$, há evidência estatística.

Quanto ao teste de significância individual, conclui-se que há evidência estatística para as variáveis CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são significativos para o modelo, uma vez que o valor-p para os três coeficientes foram menores do que $\alpha = 5\%$ (valores-p < 0,05), e que as estimativas do intercepto e dos coeficientes relacionados às variáveis de entrada, para coeficiente das variáveis CUSTOS COM ENERGIA, CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO E CUSTOS COM CAL HIDRATADA são positivas, conclui-se que no intervalo da análise, um aumento deste provoca aumento também no custo total, divergindo, contudo, o coeficiente das variáveis CUSTOS COM PESSOAL, com efeito contrário.

Como os valores calculados foram menores do que $\alpha = 5\%$, rejeitamos a hipótese nula, o que significa que o intercepto e as variáveis de entrada são importantes para o modelo, exceto para CUSTOS COM PESSOAL.

4.8 - Identificação dos custos totais anual para clarificação da água (R\$/m³).

Ao analisar os resultados dos custos totais anual, por unidade de volume aduzido, conforme Tabela 37 e a Figura 10, identificou-se que no ano de 2015 apresenta o maior custo anual de 0,25 R\$/m³, porém com oscilação entre os custos mínimos mensal 0,20 R\$/m³ e máximos mensal de 0,29 R\$/m³ correspondendo a 44%. Embora apresente o maior custo anual, proporcionalmente, ainda, pode-se considerar como o ano com melhor custo benefício no período estudado, principalmente por ter apresentado o maior volume aduzido (VA) de 19.531.857 m³ e com tempo de funcionamento anual (TFA) de 6.670,46 h, funcionando 334:33 h a menos em relação ao ano 2014 ano de maior oscilação (59%).

Na hierarquia da menor para a maior oscilação entre os custos mensal máximos e mínimos, comportaram assim:

- 1º lugar os anos de 2012 com oscilação entre os custos mínimos e máximos de 38%, com VA de 14.476.267,95 m³ e TFA de 6.320:44 horas e o ano 2015 com oscilação entre os custos mínimos e máximos de 44%, com (VA) de 19.531.857 m³ e (TFA) de 6.320,44 horas;
- 2º lugar o ano de 2011 com oscilação entre os custos mínimos e máximos de 38%, com TFA de 6.829:58 h, VA de 10.522.631,01 m³;
- 3º lugar o ano 2015 com oscilação entre os custos mínimos e máximos de 48%, com VA de 19.531.857 m³ e TFA 6.278:42 horas;
- 4º lugar o ano de 2010 com oscilação entre os custos mínimos e máximos de 48%, com VA de 9.507.396,33 m³ e TFA de 6.278:42 horas;
- 5º lugar o ano 2013 com oscilação entre os custos mínimos e máximo de 59%, com custos anual 0,19 R\$/m³ VA igual 14.831.475,81 m³ e TFA de 6.256:17 h e;
- 6º lugar o ano 2014 com oscilação entre os custos mínimos e máximos de 59% com VA igual 16.382.128 m³ com maior TFA 7.005:19 dentre os anos estudados, para custos anual de 0,21R\$/m³.

Ao confrontar o ano de 2011 que apresentou o menor custo anual de 0.18 R\$/m³, com oscilação entre os custos mínimos e máximos de 38%, para VA de 10.522.631,01 m³ e TFA 6.278:42 h com o ano de 2015 que tem o maior custo operacional de 0,29 R\$/m³ para o maior VA de 19.531.857 m³ e TFA de 6.670:46 h, contudo com oscilações entre os custos máximos e mínimos mensal de 44% com diferença entre os VA dos dois anos, de 9.009.225,99 m³

equivalente a diferença percentual de VA de 85,62% e diferença entre as oscilações citadas de 16%, para irrisória diferença entre o TFA de 2,33%, percebe-se a evidência de ganhos econômicos para o ano de 2015, conforme observado na tabela 37 e figura 10.

Tabela 37 – Custos totais anual no processo de clarificação (R\$) por unidade de volume aduzido (m³).

	CUSTOS TOTAIS ANUAL NO PROCESSO DE CLARIFICAÇÃO (R\$) / VOLUME ADUZIDO (m³)						% ENTRE 2010 -2015
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
ANUAL	0,20	0,18	0,20	0,19	0,21	0,25	23,85%
MÁXIMO	0,24	0,21	0,22	0,24	0,29	0,29	20,02%
MÉDIA	0,20	0,18	0,19	0,18	0,21	0,25	24,07%
MÍNIMO	0,16	0,15	0,16	0,15	0,18	0,20	23,32%
V. ADUZIDO m³ (X 10.000)	951	1052	1448	1483	1638	1953	105,44%
% entre Máximo e Mínimo	48%	38%	38%	59%	59%	44%	
T. FUNC. ANUAL (h)	6278:42	6829:58	6320:44	6256:17	7005:19	6670:46	

Fonte: O autor (2016)

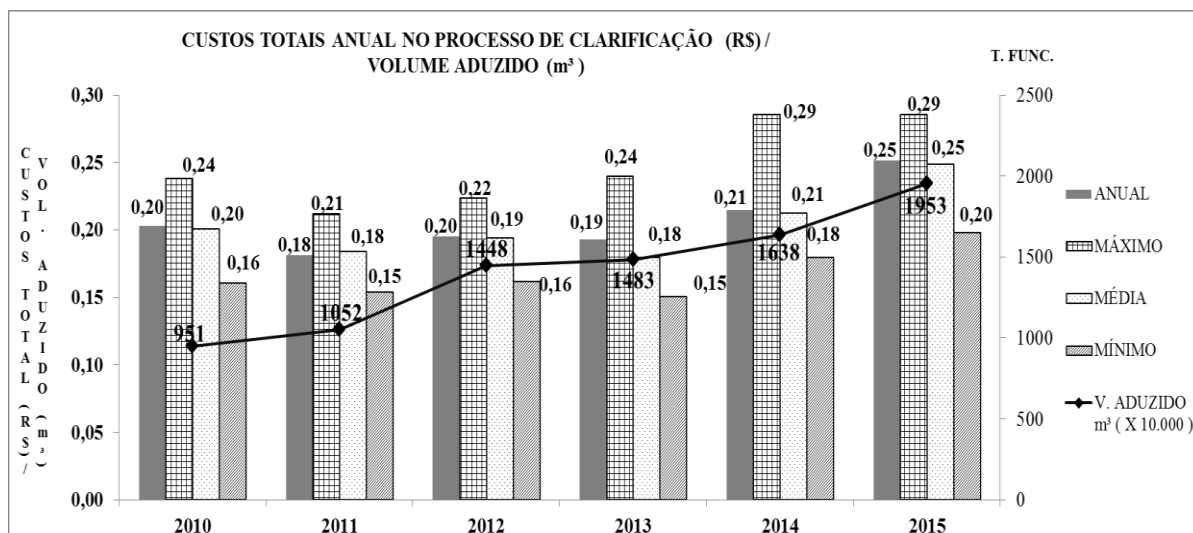


Figura 10 – Custos totais anual (R\$) no processo de clarificação referente a 2010-2015

Fonte: O autor (2016).

Outrossim, para gerar perspectiva analítica mais precisa das evidências demonstradas nestes estudo (2010 a 2015), se faz necessário a análise mais acurada da evolução dos dados, mês a mês, ano a ano, portanto assim representados:

- O ano de 2010, assim apresentou os custos: total anual de 0,20 R\$/m³, médio mensal de 0,20 R\$/m³, máximo mensal de 0,24 R\$/m³ nos meses de julho e agosto, mínimo mensal de 0,16 R\$/m³ no mês de dezembro, com diferença entre os custos mínimos mensal e máximos mensal de 48%, para um VA de 9.507.396,33 m³ e TFA 6.278:42 h, tempo de

funcionamento mensal (TFM): máximo de 587:46 no mês de julho, médio de 529:01h e mínimo de 440:47 h no mês de fevereiro;

- No ano de 2011, manifestou os custos assim: total anual de 0,18 R\$/m³, médio mensal de 0,18 R\$/m³, máximo mensal de 0,21 R\$/m³ no mês de outubro, mínimo de 0,15 R\$/m³ no mês de abril, VA de 10.522.631,01 m³ e TFA de 6.829:58 h, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 38%, e TFM: máximo 640:11 no mês de agosto, médio 580:23 e mínimo 469:02 no mês de fevereiro;

- No ano de 2012, assim apresentou os custos: total anual de 0,20 R\$/m³, de médio mensal de 0,19 R\$/m³, máximo de 0,22 R\$/m³ no mês de outubro e novembro, mínimo de 0,16 R\$/m³ no mês de junho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 38%, para um VA de 14.476.267,95 m³, e TFA 6.320:44 h, TFM: máximo mensal de 621:12h no mês de dezembro, médio mensal de 522:20h e mínimo mensal de 423:06 h no mês de fevereiro;

- No ano de 2013, os custos operacionais comportaram assim: total anual de 0,19 R\$/m³, médio mensal de 0,18 R\$/m³, máximo mensal de 0,24 R\$/m³ no mês de setembro, mínimo 0,15 R\$/m³ no mês de março, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 59%, para um volume aduzido de 14.831.475,81 m³; TFA 6256:17 e TFM de máximo mensal de 596:13h, no mês de setembro, médio mensal de 506:01h e mínimo mensal de 460:09h no mês de janeiro;

- No ano de 2014, os dados dos custos assim se apresentaram: total anual de 0,21 R\$/m³, médio de 0,21 R\$/m³, máximo de 0,29 R\$/m³ no mês de julho, mínimo mensal de 0,18 R\$/m³ no mês de setembro, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 59%, para um VA de 16.382.128 m³ e o maior TFA de 7.005:19 h do período estudado para os TFM: máximo mensal de 599:01h no mês de outubro, médio de 593:31 h e mínimo mensal de 538:30 h no mês de dezembro;

- No ano de 2015 obteve-se os custos: total anual de 0,25 R\$/m³ médio mensal de 0,25 R\$/m³, máximo mensal de 0,29 R\$/m³ nos meses de setembro e novembro, mínimo de 0,20 R\$/m³ no mês de janeiro, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 44%, para um VA de 19.531.857 m³ e TFA 6.320:44 h e TFM: máximo mensal de 627:16 h no mês de outubro, médio de 566:20 h e mínimo mensal de 449:36 h no mês de maio. (Tabela e figuras com gráficos custos total mensal no APÊNDICE J);

Fica aqui um desconexo, comparar os resultados com outras unidades operacionais, dada as singularidades de cada unidade de tratamento, bem como as grandezas aqui estudadas (energia, produtos químicos e custos com pessoal,) relacionadas somente com VA, não fazer parte da dinâmica de avaliação da concessionária de água, como foi proposto neste estudo.

Geralmente, os custos são englobados todo processo operacional desde a entrada da água bruta, até a distribuição da água tratada. Por isso se faz necessária avaliação dos custos de produção, utilizando o volume produzido e incluindo assim os custos com os produtos químicos para desinfecção e fluoretação, denominando assim custos de produção de água tratada, concretizados na Tabela 38 e Figura 11.

4.9 - Identificação dos custos totais anual para produção de água tratada (R\$/m³).

Ao analisar os valores dos custos totais anual, por unidade de volume produzido, pautado na Tabela 38 e Figura 11, identificou-se que no ano de 2015 apresenta o maior custo anual de 0,25 R\$/m³, porém com oscilação 45%, entre os custos mínimos mensal 0,21 R\$/m³ e máximos mensal de 0,30 R\$/m³.

Embora o ano de 2015 apresente o maior custo anual, proporcionalmente, ainda, pode-se considerar como o ano com melhor custo benefício entre os dois últimos anos de maior volume produzido (VP) de 19.314.233,00 m³ (2015) e tempo de funcionamento anual (TFA) de 6.670,46 h e o ano de 2014 com VP de 16.159.456,00 m³, TFA de 7005:19 h e com diferença a menor de TFA de 334:33h em relação ao ano de 2014 h que além de maior oscilação entre os custos mensais, 59% é detentor dos custos máximo de 0,20 R\$/m³. A diferença entre os seus custos é de 25,04% para diferença de VP de 19,52%.

Porém, desprezando a relação com o VP e com o TFA, classificamos que o ano de 2012 foi o de melhor custo benefício, inclusive pela relação de menor oscilação entre os custos máximos e mínimo mensal de 0,24 R\$/m³ e 0,18 R\$/m³, respectivamente.

Como a oscilação entre os custos descrevem equilíbrios operacionais, destaca-se a hierarquia da menor para a maior:

- 1º lugar o ano de 2012 com oscilação entre os custos máximos e mínimos mensal de 31%, com VP de 14.251991,97 m³ e TFA de 6320:44 h,

- 2º lugar o ano de 2011 com oscilação entre os custos máximos e mínimos mensal de 37%, com VP de 9.297.718,85m³ e TFA de 6.278:42 h,
- 3º lugar o ano de 2015 com oscilação entre os custos máximos e mínimos mensal de 45%, com VP de 19.314.233,00 m³ e TFA de 6.670,46 h;
- 4º lugar o ano 2010 com oscilação entre os custos máximos e mínimos mensal 46%, VP de 9.326.943,67m³ e TFA de 6.278:42 h;
- 5º lugar o ano 2013 com oscilação entre os custos máximos e mínimos mensal 56%, custos anual de 0,19 R\$/m³ VA 14.652.387,41 m³ e TFA de 6256:17 h;
- 6º lugar o ano 2014 com oscilação entre os custos máximos e mínimos mensal 57% e VA 16159456,00 m³, com maior TFA 7.005:19 h dentre os anos estudados, para custos anual de 0,20R\$/m³.

O custo anual é resultado de somatória dos custos totais, dividido pela somatória dos volumes totais. Para os custos mensal, máximo, médio e mínimo, são os valores apresentados pela relação entre os custos mensal e os volumes mensal do ano.

Ao comparar o ano 2012 que apresentou o menor custo anual de 0.21 R\$/m³, com oscilação entre os custos mínimos e máximos de 31%, com o ano de 2015 que apresentou o maior custo operacional do ano de 0,25 R\$/m³ para o maior VP de 19.314.233,00 m³ e TFA de 6.670:46 h.

Contudo com oscilações entre os custos máximos e mínimos mensal de (31% - 45%) com diferença entre os VP dos dois anos, de 5,062,241,03m³ equivalente a diferença percentual de VA de 35,52% e diferença entre as oscilações citadas de 14%, para irrisória diferença entre o TFA de 5,54%, percebe-se a evidência de ganhos econômicos para o ano de 2015.

Para proporcionar maior compreensão das evidências demonstradas nestes estudos (2010 a 2015), procedeu-se uma criteriosa análises da evolução dos dados, mês a mês, ano a ano, inclusive para evidenciar dentro da sazonalidade quais meses são influenciados pelo período chuvoso que inicia no mês de outubro, terminando em abril e o período de estiagem do mês de maio a setembro de cada ano:

Tabela 38 – Custos totais anual no processo de produção de água tratada (R\$) por unidade de volume produzido (m³).

	CUSTOS TOTAIS ANUAL NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA (R\$) / VOLUME PRODUZIDO (m³)						% ENTRE
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010 -2015
ANUAL	0,23	0,23	0,21	0,21	0,20	0,25	12,72%
MÁXIMO	0,27	0,24	0,24	0,26	0,30	0,30	12,48%
MÉDIA	0,22	0,21	0,21	0,20	0,23	0,26	18,13%
MÍNIMO	0,18	0,18	0,18	0,16	0,19	0,21	13,40%
V. PRODUZIDO m³ (X 10.000)	933	930	1425	1465	1616	1931	107,08%
% entre Máximo e Mínimo	46%	37%	31%	56%	57%	45%	
T. FUNC. ANUAL (h)	6278:42	6829:48	6320:44	6256:17	7005:19	6670:46	

Fonte: O autor (2016).

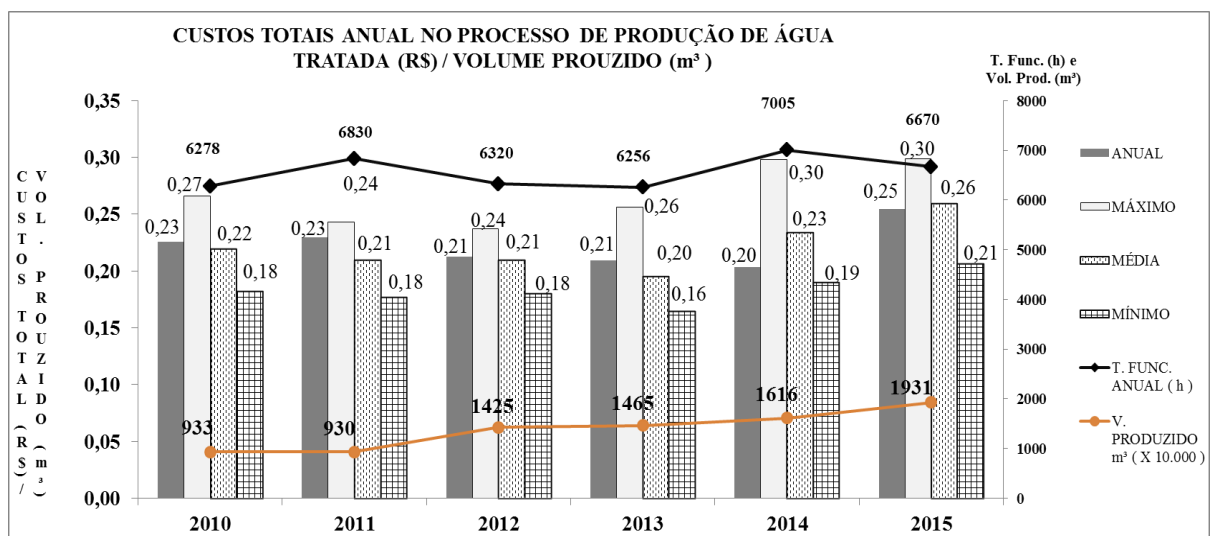


Figura 11 – Custos totais anual (R\$) no processo de produção de água tratada, referente a 2010-2015. Fonte: O autor (2016).

- O ano de 2010 apresentou os custos assim: total anual de 0,23 R\$/m³, médio mensal de 0,22 R\$/m³, máximo mensal de 0,27 R\$/m³ nos meses de setembro, mínimo mensal de 0,18 R\$/m³ no mês de abril, com diferença entre os custos mínimos mensal e máximos mensal de 46%, para um VP de 9.326.943,67 m³ e TFA de 6.278:42 h, TFM: máximo 587:46 no mês de julho, médio de 529:01h e mínimo de 440:47 h no mês de fevereiro.

- O ano de 2011 manifestou os custos assim: total anual de 0,23 R\$/m³, médio mensal de 0,21 R\$/m³, máximo mensal de 0,24 R\$/m³ no mês de outubro, mínimo 0,18 R\$/m³ no mês de abril, VP de 9.297.718,85 m³ e TFA 6.829:48 h, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 37%, e TFM: máximo 640:11 no mês de agosto, médio 580:23 e mínimo 469:02 no mês de fevereiro.

- O ano de 2012 assim apresentou os custos: total anual 0,21 R\$/m³, de médio mensal de 0,21 R\$/m³, máximo de 0,24 R\$/m³ no mês de novembro, mínimo de 0,18 R\$/m³ no mês de junho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 31%, para um VP de 14.251.991,97m³, e TFA 6.320:44 h, TFM: máximo mensal de 621:12h no mês de agosto, médio mensal de 522:20h e mínimo mensal de 423:06 h no mês de janeiro.

- No ano de 2013 os custos comportaram assim: total anual de 0,21 R\$/m³, médio mensal de 0,20 R\$/m³, máximo mensal de 0,26 R\$/m³ no mês de setembro, mínimo de 0,16 R\$/m³ no mês de março, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 56%, para um volume aduzido de 14.652.387,41 m³; TFA 6.256:17 e TFM máximo mensal de 596:13h, no mês de setembro, médio mensal de 506:01h e mínimo mensal de 460:09h no mês de janeiro. Confirma-se, portanto, o comportamento dos valores dos custos para clarificação da água onde apresenta de forma excepcional o comportamento que distingue dos demais anos em estudo, por apresentar os menores custos nos meses de março e de maio a agosto e TFM variando de 511:16 h a 583:18 h) e com os maiores custos de setembro a dezembro. Parte da alteração dos custos do ano de 2013, é devido a substituição de cloro gás com preço de 7,09 R\$/kg, para cloreto de sódio a 0,35 R\$/Kg, desde o mês de outubro de 2012, embora não perceptível ainda no ano de 2012, em função de ajuste do novo sistema. Outros dois comportamentos neste ano chamam a atenção: primeiro no mês de fevereiro, tem o menor TFM de 460:09h para custo de 0,24 R\$/m³ estando no período de chuva com turbidez média de 345 uT, segundo o mês de setembro com 596:13 h para o maior custo operacional de 0,26 R\$/m³ com turbidez média de 9,9 uT, pertencente ao período de estiagem. Pondera-se, portanto, que a sazonalidade não tenha influenciado nos custos.

- No ano de 2014 os custos apresentaram assim: total anual de 0,20 R\$/m³, médio de 0,23 R\$/m³, máximo de 0,30 R\$/m³ no mês de agosto com turbidez média de 6,82 uT, mínimo mensal de 0,19 R\$/m³ no mês de outubro, turbidez média de 380 uT, com a maior diferença do período estudado entre os custos mínimos e máximos de 57%, para um VP de 16.159.456,00 m³ e o maior TFA de 7.005:19 h do período estudado para os TFM: máximo mensal de 599:01h no mês de agosto, médio de 593:31 h e mínimo mensal de 538:30 h no mês de dezembro. Neste ano o comportamento do TFM manteve uma constante de crescimento deste o mês de janeiro (592:01 h) até o mês de setembro (599:01), caindo de forma expressiva para o menor TFM do ano no mês de dezembro (538:38 h), para um custo

de 0,21 R\$/m³, acompanhando o comportamento do ano de 2013 que também manteve a reta de crescimento, bem definida do mês de janeiro (460:09 h) e mês de outubro (596:13h), comportamento esse isolado de todos os demais anos do estudo.

- O ano de 2015 obteve os custos assim: total anual de 0,25 R\$/m³, médio mensal de 0,26 R\$/m³, máximo mensal de 0,30 R\$/m³ no mês de novembro, mínimo mensal de 0,21 R\$/m³ no mês de janeiro, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 45%, para um VP de 19.314.233,00 m³ e TFA 6.670:46 h e TFM: máximo mensal de 627:16 h no mês de outubro, médio de 566:20 h e mínimo mensal de 449:36 h no mês de maio.

Com base na história, coincidentemente o ano de 2013, a concessionário sofreu uma de suas maiores crises para abastecer a população de Palmas utilizando inclusive de rodízio de distribuição de água, fatos que houve, falta de água generalizada na capital do Tocantins. Exigindo assim da detentora da concessão, reordenamento das redes para incluir outras zona de abastecimento da ETA 6 que outrora pertencia as unidade de tratamento ETA 5 e ETA 8, construções de novos reservatórios e investimentos na ampliação da ETA 6, levando a redução dos custos nesse período. (Tabela e figuras com gráficos custos total mensal no APÊNDICE L);

4.10 - Comparação dos custos totais da etapa de clarificação com a etapa de produção de água tratada.

Os custos totais do processo de clarificação representam todos os processos desde a captação de água bruta, até ao processo de filtração, neste intervalo ocorre a atividade físico-químico, sendo que no canal de coagulação é que o inicia a adição de coagulante (sulfato de alumínio) e alcalinização (adição de cal hidratada) considerada também como correção de pH. Nesta primeira etapa os custos são processados com base no volume aduzido, custos com energia, custos com pessoal e custos com produtos químicos utilizados na clarificação da água bruta.

Quanto aos custos de produção de água tratada, são os representados por todos os custos do processo de clarificação, acrescentando aos custos, os produtos químicos destinados à desinfecção e a fluoretação. Na segunda etapa, a base de cálculo é o volume produzido

(descontado o volume consumido nos processos internos, na manutenção do processo desde a floculação até filtração.

Os custos anual é resultado de somatória dos custos totais, dividido pela somatória dos volumes totais. Para os custos mensal, máximo, médio e mínimo, são os valores apresentados pela relação do quociente entre os custos mensal e os volumes de cada mês do ano.

Ao interpretar o cenário comparativo entre os custos de clarificação e de produção de água tratada, amparado nos valores da tabela 39 e configurados graficamente nas figuras 12 e 13, percebe-se valores a maior para o processo de produção de água tratada com oscilação entre 0,1 R\$/m³ a 0,5 R\$/m³, variações nos custos assim representados:

Tabela 39 – Comparação dos valores dos custos operacionais para clarificação com o valores dos custos para produção de água tratada.

COMPARATIVO DOS CUSTOS TOTAIS ANUAL NO PROCESSO ÁGUA CLARIFICADA COM PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA									
		2010		2011		2012			
		Clarificada	Tratada	Clarificada	Tratada	Clarificada	Tratada		
ANUAL	(R\$/m ³)	0,20	0,23	0,18	0,23	0,20	0,21		
MÁXIMO	(R\$/m ³)	0,24	0,27	0,21	0,24	0,22	0,24		
MÉDIA	(R\$/m ³)	0,20	0,22	0,18	0,21	0,19	0,21		
MÍNIMO	(R\$/m ³)	0,16	0,18	0,15	0,18	0,16	0,18		
V. ADUZ. E PROD.	m ³ (X 10.000)	951	933	1052	930	1448	1245		
T. FUNC. ANUAL	(h)	6278	6278	6830	6830	6320	6320		
% entre Máximo e Mínimo		48%	46%	38%	37%	38%	31%		
		2013		2014		2015		2010-2015	
		Clarificada	Tratada	Clarificada	Tratada	Clarificada	Tratada	Clarificada	Tratada
ANUAL	(R\$/m ³)	0,19	0,21	0,21	0,20	0,25	0,25	23,85%	12,72%
MÁXIMO	(R\$/m ³)	0,24	0,26	0,29	0,30	0,29	0,30	20,02%	12,48%
MÉDIA	(R\$/m ³)	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25	0,26	24,07%	18,13%
MÍNIMO	(R\$/m ³)	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21	23,32%	13,40%
V. ADUZ. E PROD.	m ³ (X 10.000)	1483	1465	1638	1616	1953	1931	105,44%	107,08%
T. FUNC. ANUAL	(h)	6256	6256	7005	7005	6670	6670		
% entre Máximo e Mínimo		59%	56%	59%	57%	44%	45%		

Fonte: o autor (2016)

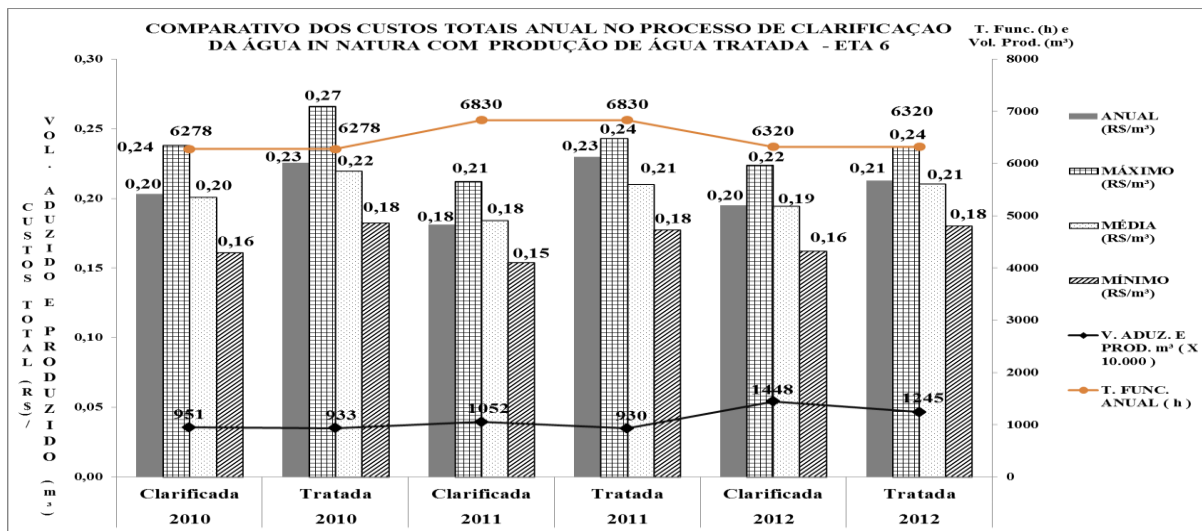


Figura 12 – Comparação dos custos totais anual (R\$) no processo de clarificação com produção de água tratada, referente a 2010-2012 - Fonte: O autor (2016).

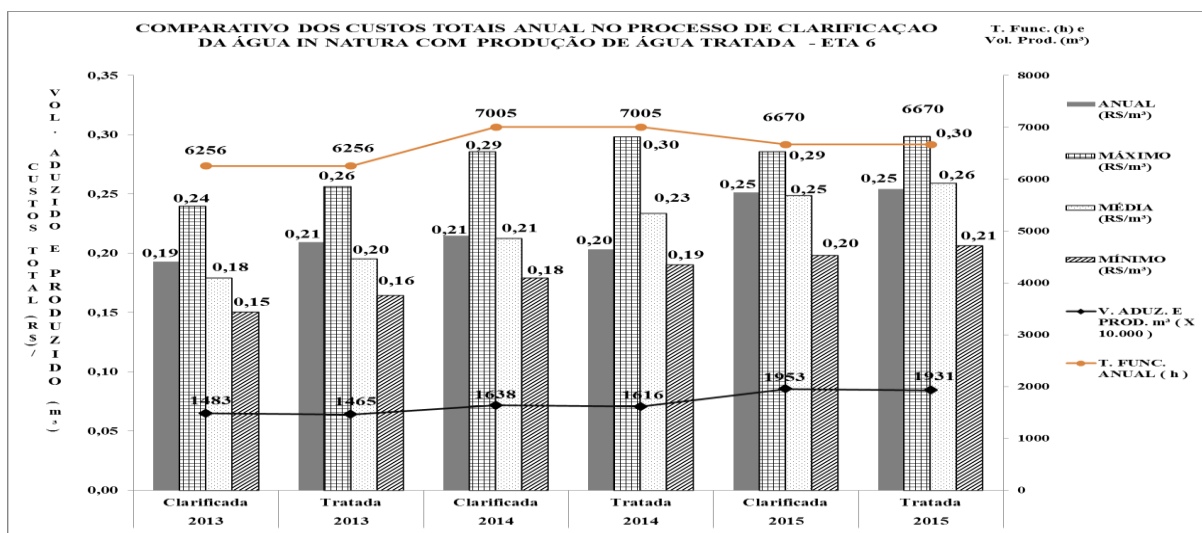


Figura 13 – Comparação dos custos totais anual (R\$) no processo de clarificação com produção de água tratada, referente a 2013-2015 - Fonte: O autor (2016)

- Custos anual: no ano de 2010 aumento de 0,3 R\$/m³, no ano de 2011 aumento de 0,5 R\$/m³, no ano de 2012 aumento de 0,1 R\$/m³, no ano de 2013 aumento de 0,2 R\$/m³, 2014 redução de 0,1 R\$/m³ e no ano de 2015 manteve-se igual nas duas etapas de tratamento da ETA 6; com diferença dos custos entre os anos de 2010 a 2015 de 23,85% para água clarificada e para água tratada 12,72%, representando diferença a menor para a etapa de produção de água tratada, de 11,13%.

- Custos mensal máximo: no ano de 2010 aumento de 0,3 R\$/m³, no ano de 2011 aumento de 0,3 R\$/m³, 2012 aumento de 0,2 R\$/m³, no ano de 2013 aumento de 0,2 R\$/m³, no ano de 2014 redução de 0,1 R\$/m³ e no ano de 2015 aumento de 0,1 R\$/m³. Quanto a

diferença entre as etapas de clarificação e de produção de água tratada, no período de estudo foi de 7,54%;

- Custos mensal médio: no ano de 2010 aumento de 0,2 R\$/m³, no ano de 2011 aumento de 0,3 R\$/m³, no ano de 2012 aumento de 0,2 R\$/m³, no ano de 2013 aumento de 0,2 R\$/m³, 2014 aumento de 0,2 R\$/m³ e no ano de 2015 aumento de 0,1 R\$/m³. Quanto a diferença entre as etapas de clarificação e de produção de água tratada, no período de estudo foi de 5,94%;

- Custos mensal mínimo: no ano de 2010 aumento de 0,2 R\$/m³, no ano de 2011 aumento de 0,3 R\$/m³, no ano de 2012 aumento de 0,2 R\$/m³, no ano de 2013 aumento de 0,1 R\$/m³, no ano de 2014 aumento de 0,1 R\$/m³ e no ano de 2015 aumento de 0,1 R\$/m³. Quanto a diferença entre as etapas de clarificação e de produção de água tratada, no período de estudo foi de 9,92%.

4.11 - Parcela do percentual dos custos com produtos químicos em relação aos custos totais (R\$).

A Tabela 40 e Figura 14 apresentam a visualização da parcela em percentual dos custos de produtos químicos em relação aos custos totais, no período de 2010 a 2015. Esta análise, visa identificar o quanto os custos dos produtos químicos utilizados na etapa de clarificação são influenciados pela turbidez da água ofertada pelo manancial, e em consequência o quanto afeta nos custos totais. Ao observar o percentual anual, é possível identificar pequena diferença nos comportamentos dos custos com produtos químicos, conforme apresentados:

- Nos anos de 2010, 2011 e 2013 com percentuais de 13 %;
- No ano de 2012 com percentual de 12 % e;
- Nos anos de 2014 e 2015 com menores percentuais de 10%.

Constata-se que no ano de 2015 apresenta a menor oscilação entre os percentuais mínimos e máximos que é de 126%, o que indica ser o ano com melhor desempenho dos custos de produtos químicos e que a média do período do ano de 2010 ao ano de 2015 é de 12%. Porém é importante análise mais acurada da evolução dos dados, mês a mês, ano a ano e assim encontrar uma perspectiva analítica mais precisa.

Tabela 40 – Valores dos percentuais de custos de produtos químicos em relação aos custos totais (R\$)

PERCENTUAL DOS CUSTOS DE PRODUTOS QUÍMICOS EM RELAÇÃO AOS CUSTOS TOTAIS (R\$) X TURBIDEZ MÉDIA (uT)														
MÊS	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2010 - 2015	
	% Custos PQ	Turbidez Média uT	% Custos PQ	Turbidez Média uT	% Custos PQ	Turbidez Média uT	% Custos PQ	Turbidez Média uT	% Custos PQ	Turbidez Média uT	% Custos PQ	Turbidez Média uT	% Custos PQ	% Custos PQ
JAN	19%	69,92	21%	51,35	20%	52,27	18%	68,56	17%	46,74	12%	29,29	-35%	
FEV	14%	41,20	18%	83,34	21%	54,23	15%	38,79	20%	71,11	13%	45,02	-7%	
MAR	18%	59,05	19%	72,57	17%	52,57	19%	48,52	15%	47,63	12%	42,52	-30%	
ABR	11%	48,75	15%	46,17	13%	30,97	14%	38,32	12%	27,94	14%	58,20	21%	
MAI	5%	11,51	9%	10,13	7%	10,02	10%	13,45	8%	11,79	9%	21,37	77%	
JUN	5%	11,08	7%	6,06	6%	8,33	9%	14,63	6%	7,25	6%	9,04	25%	
JUL	6%	31,59	5%	4,67	7%	9,29	7%	5,60	4%	5,17	7%	15,81	10%	
AGO	6%	23,89	7%	5,23	7%	5,26	10%	5,18	5%	4,43	7%	13,34	6%	
SET	8%	13,18	8%	6,52	8%	4,82	8%	5,81	6%	4,90	7%	10,45	-12%	
OUT	24%	47,00	16%	19,99	10%	6,45	9%	12,75	10%	19,23	9%	13,58	-63%	
NOV	22%	62,92	20%	47,75	15%	58,79	17%	48,39	9%	25,57	12%	41,34	-45%	
DEZ	23%	66,86	20%	54,50	14%	58,11	20%	69,17	15%	71,51	11%	26,78	-53%	
TOTAL ANUAL	13%		13%		12%		13%		10%		10%			
máximo mensal	24%	69,92	21%	83,34	21%	58,79	20%	69,17	20%	71,51	14%	58,20	-41%	
média mensal	13%	40,58	14%	34,02	12%	29,26	13%	30,76	11%	28,61	10%	27,23	-26%	
mínimo mensal	5%	11,08	5%	4,67	6%	4,82	7%	5,18	4%	4,43	6%	9,04	25%	
média período 2010-2015	12%													
% entre Máximo e Mínimo	381%		324%		225%		204%		445%		126%			

Fonte: O autor (2016)

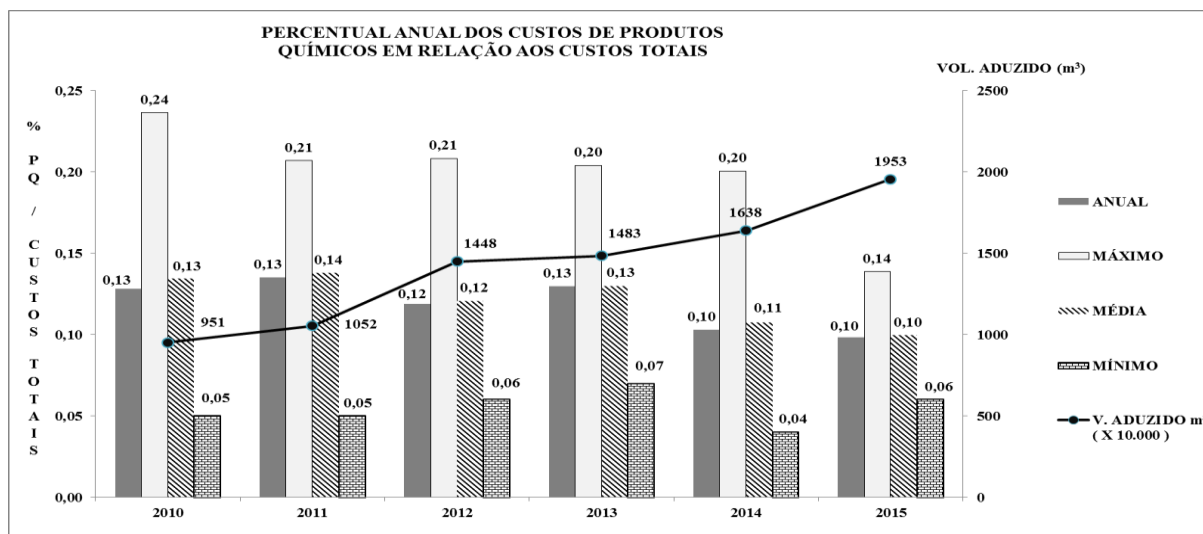


Figura 14 Percentual anual dos custos de produtos químicos em relação aos custos totais. Fonte: O autor.

- No ano de 2010 o percentual médio foi de 13%, com máximo de 24% no mês de outubro e mínimo de 5% no mês de junho, com diferença entre os percentuais mínimos e máximos de 381%; para um volume aduzido de 9.507.396,33 m³;
- No ano de 2011 o percentual médio foi de 14%, com máximo de 21 no mês de janeiro e mínimo de 5% no mês de julho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 324%; para um volume aduzido de 10.522.631,01 m³;

- No ano de 2012 o percentual médio foi de 12%, com máximo de 21% no mês de fevereiro e mínimo de 5% no mês de junho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 225%, para um volume aduzido de 14.476.267,95m³;
- No ano de 2013 o percentual médio de 13%, máximo de 20 no mês de dezembro e maior percentual mínimo de 7% no mês de julho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 204%, para um volume aduzido de 14.831.475,81 m³;
- No ano de 2014 o percentual médio foi de 11, máximo de 20% no mês de fevereiro e menor percentual mínimo de 4% no mês de julho, com maior diferença entre os custos mínimos e máximos de 445%, para um volume aduzido de 16.382.128 m³ e;
- No ano de 2015 o custo médio foi 10% máximo de 14% no mês de abril e mínimo de 6% no mês de junho, com diferença entre os custos mínimos e máximos de 126%, para volume aduzido de 19.531.857 m³.

Portanto, os resultados evidenciam situação análoga à percebida nos custos de sulfato de alumínio, por ser o produto químico com maior volume utilizado no processo de clarificação da água bruta.

4.12 - Aspectos ambientais que influenciam nos custos operacionais da ETA 6

A intensa e desordenada ocupação das áreas contíguas aos mananciais, tem sido assunto de preocupação da sociedade e dos agentes envolvidos, por perceber que os recursos naturais estão a cada dia mais comprometidos e escassos, por não haver mecanismos preservacionistas que proporcione a sustentabilidade dos recursos antes disponíveis quanto a quantidade e qualidade. E assim comprometendo diretamente os dois aspectos mais relevantes, a qualidade e a disponibilidade da água, insumos essenciais aos sistemas de produção de água tratada. Fato conhecido que a medida que a qualidade da água bruta ofertada ao sistema produtivo é deteriorada os custos com produtos químicos são diretamente afetados e a medida que a disponibilidade reduzida, as concessionárias tendem a buscar em outras fontes o suprimento das demandas, deixando de lado o atual manancial impactado, passando a gerar impactos em outras fontes bem como maiores custos em investimentos em construções de novos e modernos sistemas.

4.12.1- Percentuais dos custos com produtos químicos em função da qualidade da água bruta (turbidez média (uT)).

Tendo em vista a forte relação da qualidade da água com os custos com produtos químicos para clarificação da água, a concessionário promoveu estudos da água do lago, única fonte alternativa com disponibilidade suficiente para resolver a questão da demanda populacional. Contudo nestes estudos foram possíveis mensurar o quanto os custos com produtos químicos oneraria nos custos totais do processo de produção de água tratada, por ter que, agregar outros tipos de produtos químicos para a nova tecnologia de tratamento da água captada do lago UHE do Lajeado.

Portanto, avaliando a Tabela 40 e a Figura 15 referente ao ano de 2012, que demonstra o comportamento dos percentuais dos custos com produtos químicos em relação aos custos totais promovido pela qualidade da água bruta (turbidez), observa-se clara influência da sazonalidade do regime pluvial ao manancial e que reflete no sistema de tratamento de água ETA, onde as menores turbidez e os menores custos com produtos químicos, estão entre os meses de maio a outubro correspondendo ao período de seca, e as maiores turbidez bem como os maiores custos com produtos químicos correspondem aos meses de novembro a abril período chuvoso.

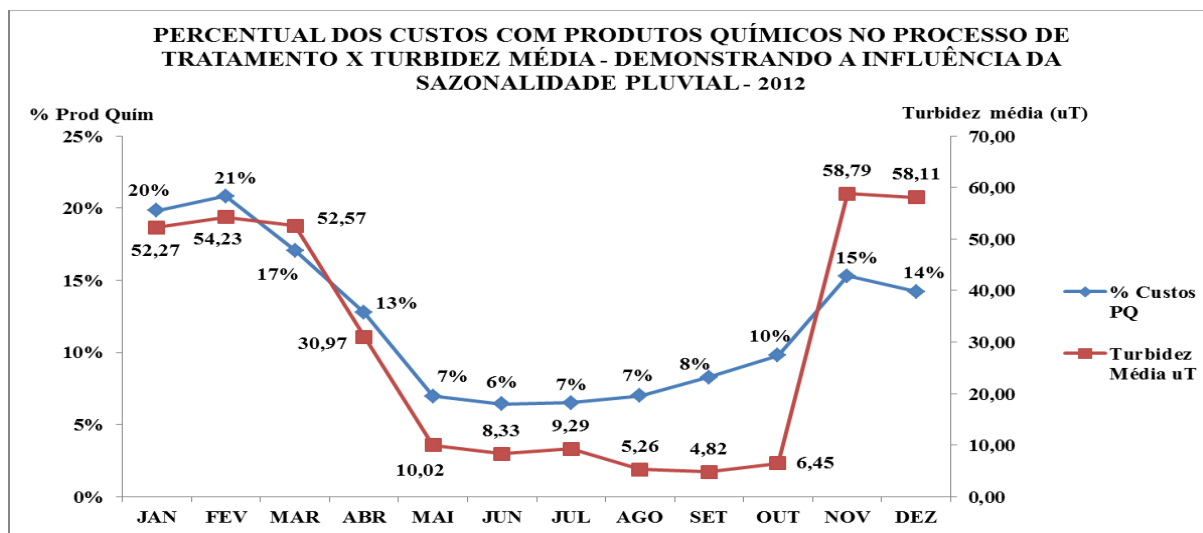


Figura 15 – Percentual dos custos com produtos químicos no processo de tratamento x turbidez média – Demonstrando a influencia da sazonalidade pluvial – ref. 2012 - Fonte: O autor.

Quanto a Tabela 41 e a Figura 16. custos com produtos químicos em relação aos custos totais na captação no Ribeirão Taquarussu, comparando com os percentuais dos custos

com captação diretamente do lago da UHE Lajeado, fruto de estudo em laboratório utilizando a água do braço do lago na cota 212, realizado por Queiroz (2010), através da tecnologia de dupla filtração. Os dados definidos por Queiroz (2010), aqui foram extrapolados para os anos de 2010 a 2015, considerando os dados de volume aduzidos conhecidos da ETA 6 e também considerando a hipótese de permanência da qualidade da água do lago.

Tabela 41 - Percentual Anual da média dos custos de produtos químicos em relação turbidez média e comparativo de estudos dos custos com captação no lago.

PERCENTUAL ANUAL DA MÉDIA DOS CUSTOS DE PRODUTOS QUÍMICOS EM RELAÇÃO A TURBIDEZ MÉDIA E COMPARATIVO ESTUDOS DOS CUSTOS COM CAPTAÇÃO ALTERNATIVA DO LAGO UHE LAJEADO							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	MÉDIA (2010-2015)
Turbidez média (uT)	40,58	34,02	29,26	30,76	28,61	27,23	29,98
% CUSTOS P.Q (Taquarussu)	13%	14%	12%	13%	11%	10%	12%
% CUSTOS P.Q (Lago)	39%	42%	40%	40%	37%	33%	39%

Fonte: O autor.

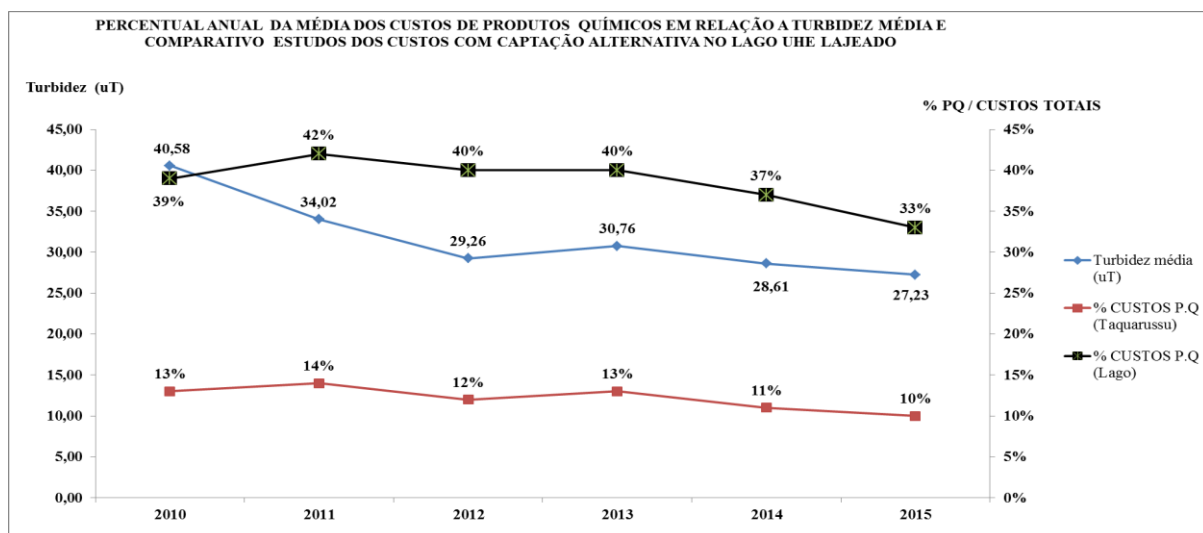


Figura 16 – Percentual Anual da média dos custos de produtos químicos em relação turbidez média e comparativo de estudos dos custos com captação no lago - Fonte: O autor.

Ao avaliar a Tabela 41 e Figura 16, identifica-se que a qualidade da água ofertada pelo Ribeirão Taquarussu tende a reduzir de 40,58 uT no ano de 2010 para 27,23 uT no ano de 2015, sendo acompanhado pela redução dos custos com produtos químicos em relação aos custos totais de 13% equivalendo a gastos com produtos químicos de R\$ 247.319,60 para custos totais de R\$ 1.930.845,69 no ano de 2010 para 10% no ano de 2015, correspondendo a gastos com produtos químicos de R\$ 481,682,68 em relação aos custos totais de R\$ 4,912,724,48. Enquanto os custos com produtos químicos para tratamento da água do lago utilizando tecnologia de filtração direta definida por Queiroz (2010), a média anual dos custos

estimados com produtos químicos é de 39% com a captação da água do lago UHE Lajeado, correspondendo a gastos com produtos químico R\$ 1.062.926,91, em relação aos custos totais de R\$ 2.746.453,00 no ano de 2010 e de 33% correspondendo a gastos com produtos químico R\$ 2.183.661,61, para custos totais de R\$ 6.614.703,41 no ano de 2015

O custo médio de produtos químicos em relação aos custos totais com a captação da água diretamente do Ribeirão Taquarussu, para uma turbidez média variando entre 4 uT a 84 uT é de 12%, e corresponde à média dos custos totais de R\$ 2.992.906,94. Enquanto a média estimada em estudo realizada por Queiroz (2010) estabelece 39% dos custos com produtos químicos em relação aos custos totais, correspondendo a média custos totais de R\$. 4.220.078,41 captando a água diretamente do lago. Isso deve ser considerada pela concessionária de água, que o dever de promover práticas preservacionistas e de mitigação para a preservação do manancial, por ser suma importância, para redução dos custos com o produto químico e investimentos em outras unidade de tratamento, bem como restabelecer o regime de disponibilidade hídrica. Considerando que a turbidez no período de estudo, não ocorrer grandes oscilações, a ponto de alterar a rotina operacional da ETA 6, enquanto a disponibilidade hídrica está reduzindo gradativamente conforme mostram os dados de vazão do mês de agosto de 2010 com 1,05 m³/s decaindo no ano de 2015 para 0,39 m³/s e no mês de setembro no ano de 2010 a vazão é de 0,63 m³/s decaindo para 0,34 m³/s no ano de 2015.

Queiroz (2010) e Silva (2014) reconhecem que a dupla filtração, associando a pré-cloração que é determinante para a oxidação da matéria orgânica e a filtração por carvão ativado granular para sua adsorção consegue garantir excelentes resultados na remoção de turbidez, biomassa algal e matéria orgânica, e que foi possível verificar mesmo com a variação da composição físico-química, microbiológica e toxicológica nas águas dos estudos, apresentando efluentes abaixo de 0,3 uT.

4.12.2 – Cenário do aspecto disponibilidade hídrica do Ribeirão Taquarussu, comparando com a turbidez média (uT).

Considerando que o Ribeirão Taquarussu é a principal fonte de abastecimento da capital, e está sofrendo redução da disponibilidade hídrica considerada preocupante, levou a concessionária a promover monitoramento da vazão do manancial, buscando conhecer o

cenário crítico instalado, o que tem levando a busca de outras fontes de suprimento de água para suportar o aumento da demanda populacional.

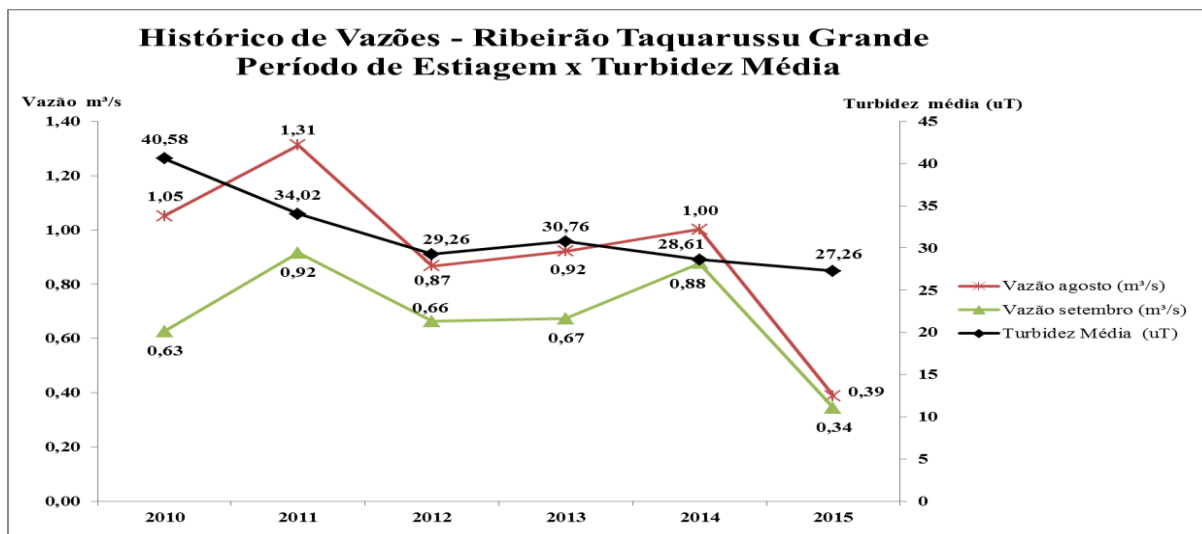


Figura 17 – Histórico de vazões do Ribeirão Taquarussu Grande do período de estiagem x turbidez média - Fonte: O autor.

Analisando a Figura 17, histórico de vazões do Ribeirão Taquarussu Grande do período de estiagem x turbidez média, percebe-se que a disponibilidade hídrica do manancial é declinante de 1,05 m³/s para 0,39 m³/s no mês de agosto e de 0,63 m³/s para 0,34 m³/s no mês de setembro, enquanto a qualidade da água bruta (turbidez média) permanece na faixa de 27,26 a 40,58 uT, no período de 2010 a 2015. Considerando para o cenário de estudo a condição preocupante ser a da disponibilidade hídrica e menos quanto ao parâmetro de turbidez, por permanece na faixa aceitável para os sistemas de ciclo completo que é o caso da ETA 6.

Contribuindo com o cenário negativo ao processo de captação de água diretamente do Ribeirão Taquarussu, nos últimos anos, verificou-se um acentuado processo de degradação de suas matas ciliares, principalmente nas regiões de nascentes, devido ao intenso desmembramento de chácaras e fazendas para a instalação de loteamentos peri-urbanos, os quais foram impulsionados pela crescente especulação imobiliária no município, contribuindo para o aumento expressivo da demanda de água.

Dessa forma, já é perceptível a redução da disponibilidade hídrica da bacia, principalmente na época de seca da região (maio a outubro), o que tem afetado o

abastecimento público dos bairros atendidos pela ETA 6 e, conseqüentemente, estimulado a busca de alternativas por parte da companhia de saneamento.

Segundo OA/SANEATINS a ETA 6 passou por melhorias operacionais, ampliando a capacidade de produção para 900 litros por segundo, recebendo incremento de volume outorgado de 300 l/s, captado diretamente do braço do lago.

Neto A. (2011), apresenta a estimativa de crescimento populacional do município da capital do Tocantins, com projeção de 2010 a 2030, para a demanda da população urbana representando em média 98,85% da disponibilidade hídrica total, enquanto a demanda da sub-bacia é de 1,15%, afirmando também que seria impossível atender a demanda em 100% da população urbana de Palmas, no horizonte de 20 anos pela vazão outorgada anual, pois apresenta um déficit inicial de 57,1%, atingindo 83,8% no final do plano, tornando assim insustentável, forçando a busca por novas alternativas.

Cheisa (2016), corrobora com a tese de Neto A. (2011), apresentando cenário relativo à projeção de crescimento populacional do município de Palmas com projeção de 2012 a 2035, onde demonstra uma expectativa de aumento de demanda hídrica na bacia do ribeirão Taquaruçu de 53,42% nos próximos 20 anos.

Como a variação da turbidez no período de estudo do Ribeirão Taquarussu, apresenta estável, significa que a maior atenção para a concessionário deve ser investimento na recuperação do potencial de produção de água da bacia hidrográfica, para minimizar a expressiva redução da disponibilidade hídrica e para evitar a captação diretamente do lago, por ser a ETA 6, inadequada para tratamento da água do lago por ser de ciclo completo evitando maiores investimentos em tecnologias apropriada para tratamento da água do lago.

Reis (2004) destaca o aspecto da cobertura vegetal como um primeiro indicativo da saúde da bacia hidrográfica, pois além de favorecer na redução dos custos efetivos de produtos químicos, contribui com a elevação das vazões ofertadas.

4.13 - Contribuição da turbidez afluyente da sub-bacia do ribeirão Taquarussu para o processo de tratamento.+

4.13.1 - Comparativos de sólidos suspensos totais entre os anos 2014 E 2015.

As impurezas encontradas nos corpos hídricos, exceto os gases dissolvidos, associa-se aos sólidos, encontrados nos mananciais naturais, são provenientes dos desagregar das rochas, proveniente da ação naturais. Sperling (2005) observa que os sólidos presentes na água são classificados de acordo com seu estado e tamanho (em suspensão ou dissolvidos) ou com propriedades químicas (voláteis e fixo).

Marques (2011) define que os sólidos totais dissolvidos constitui a medida dos cátions, ânions e sais dissolvidos no meio aquático, bem como de materiais em suspensão, relacionando diretamente ao peso total e são meios de se reconhecer o volume de aporte de sedimentos causada por aumento de degradação do solo de uma bacia.

De acordo com a Tabela 42, na sub-bacia do ribeirão Taquarussu pequeno, apresentou que os sólidos suspensos totais variaram de 1 mg.L⁻¹ nos meses de março, julho e agosto a 44 mg.L⁻¹ nos mês de dezembro, com média de 4,5 mg.L⁻¹ no ano de 2014 e de 0,6 no mês de setembro a 19,30 mg.L⁻¹ no mês de novembro, com média de 1,6 mg.L⁻¹ no ano de 2015 no ponto alto Taquarussu pequeno (ATP), 1 mg.L⁻¹ nos meses de junho, julho, agosto e outubro a 45 mg.L⁻¹ no mês de dezembro com média de 5,5 mg.L⁻¹ no ano de 2014 e de 0,70 mg.L⁻¹ no mês de agosto a 54,20 mg.L⁻¹ no mês de novembro, com média de 2,35 mg.L⁻¹ no ano de 2015 no ponto médio Taquarussu pequeno (MTP), de 1 mg.L⁻¹ a 120 mg.L⁻¹ com média de 5,50 mg.L⁻¹ no ano de 2014 e de 0,6 mg.L⁻¹ a 38 mg.L⁻¹ com média de 2,65 mg.L⁻¹ no ponto baixo Taquarussu pequeno (BTP).

Quanto a sub-bacia do ribeirão Taquarussu grande os resultados dos dois pontos analisados, também para o parâmetro sólidos suspensos totais, oscilaram entre: 1 mg.L⁻¹ nos meses de março, junho, julho e agosto a 119 mg.L⁻¹ no mês de dezembro, com média de 10,50 mg.L⁻¹ no ano de 2014 e de 1,20 no mês de setembro a 22 mg.L⁻¹ no mês de janeiro do ano de 2015 no ponto, baixo Taquarussu grande (BTG) e para o ponto, alto Taquarussu grande (ATG), de 1 mg.L⁻¹ nos meses de julho e agosto e novembro a 30 mg.L⁻¹ no mês de

janeiro com média de 4,5 mg.L⁻¹ no ano 2014, de 0,30 no mês de agosto a 5,6 mg.L⁻¹ no mês de fevereiro com média de 1,75 mg.L⁻¹ no ano de 2015.

Observou-se que as estações amostrais ATP e ATG, apresentaram os menores resultados de SST, com variação entre 0,30 mg.L⁻¹ a 0,6 mg.L⁻¹ (agosto e setembro de 2015). mg.L⁻¹ por serem pontos amostrais com pouca influência de drenagem e ocorreram nos meses de seca. Quanto aos pontos BTP e BTG, apresentaram os maiores valores de SST de 119 mg.L⁻¹ e 120 mg.L⁻¹ ambos no mês de dezembro de 2014, provavelmente pela produção de sedimentos da bacias em função do período chuvoso, por serem os ponto que sofrem influência do urbanismo e proximidades da captação de água da ETA 6, área com baixa vegetação.

Marques (2011) referenda que resultados opostos foram encontrados por Moraes et al. (2008) onde em média as menores concentrações de STD do reservatório UHE Lajeado foram mensurados nos meses de abril de 2007, e em concordância com Lira et al. (2007) em estudo do reservatório do Botafogo (PE) que encontraram maiores resultados de STD na seca.

Tabela 42 – Valores de sólidos suspensos totais (mg.L⁻¹) das sub-bacia ribeirão Taquarussu Pequeno e Grande, no período de 2014 e 2015

COMPARATIVO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS ENTRE 2014 E 2015											
		ATP		MTP		BTP		BTG		ATG	
		2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Sólidos Suspensos Totais	jan	28,00	2,90	41,00	9,20	27,00	18,70	23,00	22,00	30,00	5,20
	fev	8,00	6,00	16,00	28,80	23,00	20,40	29,00	17,80	9,00	5,60
	mar	1,00	1,20	8,00	1,60	1,00	10,20	1,00	4,70	4,00	0,80
	abr	22,00	2,00	16,00	4,00	41,00	38,00	22,00	9,00	22,00	4,00
	mai	4,00	1,10	9,00	0,70	10,00	0,70	11,00	4,00	4,00	0,80
	jun	2,00	0,90	1,00	1,30	2,00	1,30	1,00	1,40	2,00	1,40
	jul	1,00	1,00	1,00	2,50	1,00	1,70	1,00	3,00	1,00	1,60
	ago	1,00	1,40	1,00	0,70	1,00	0,60	1,00	1,40	1,00	0,30
	set	5,00	0,60	3,00	0,80	2,00	0,70	11,00	1,20	5,00	0,80
	out	14,00	1,80	1,00	2,20	9,00	1,40	10,00	2,30	13,00	2,80
	nov	2,00	19,30	1,00	54,20	2,00	36,80	2,00	5,20	1,00	3,70
	dez	44,00	5,80	45,00	46,10	120,00	3,60	119,00	2,40	5,00	1,90
MAX	44,00	19,30	45,00	54,20	120,00	38,00	119,00	22,00	30,00	5,60	
MED	4,50	1,60	5,50	2,35	5,50	2,65	10,50	3,50	4,50	1,75	
MIN	1,00	0,60	1,00	0,70	1,00	0,60	1,00	1,20	1,00	0,30	

Fonte: OA/SANEATINS (2016)

4.13.2 - Comparativos de turbidez do Ribeirão Taquarussu entre os anos 2014 e 2015.

Peixoto (2001) afirma que a matéria orgânica dissolvida e sólidos em suspensão, influência na presença da turbidez nas águas, apresentando-se no tamanho de coloides e até partículas maiores. O conhecimento da variação da turbidez nas águas superficiais é importante pela sua relação com o teor de oxigênio dissolvido em função dos sólidos suspensos dificultar a penetração da radiação solar, provocando uma diminuição na atividade fotossintética.

Ao avaliar os valores da Tabela 43, da sub-bacia do ribeirão Taquarussu Pequeno, identificou-se que os dados da turbidez variaram de 2,70 uT no mês de setembro a 16,1 uT no mês de janeiro com média de 5,21 uT no ano de 2014 e de 2,42 uT no mês de junho a 44,20 uT no mês de novembro, com média de 4,50 uT no ano de 2015 no ponto ATP (alto Taquarussu Pequeno); 2 uT no mês de outubro a 17,20 no mês de fevereiro de 2014 com média de 7,03 uT e de 1,11 uT no mês de dezembro a 91,20 uT no mês de novembro, com média de 4,48 uT no ano de 2015 no ponto MTP (médio Taquarussu Pequeno); 2,41 uT no mês de setembro a 47,10 uT no mês de abril, média de 10,92 uT no ano de 2014 e de 2,22 uT a 75,40 uT com média de 15,33 uT no ano de 2015 no ponto BTP (baixo Taquarussu Pequeno);

Para a sub-bacia do ribeirão Taquarussu grande, os valores de turbidez é de 3,11 uT no mês de julho a 24,4 uT no mês de fevereiro, com média de 7,65 uT no ano de 2014 e de 2,14 uT no mês agosto a 28,90 uT no mês de janeiro, com média de 5,81 uT no ano de 2015 no ponto BTG (baixo Taquarussu Grande); e de 2,32 uT no mês de julho a 34 uT no mês de abril, com média de 4,57 uT no ano de 2014 e de 2,23 uT no mês de agosto a 31,10 uT no mês de abril, com média de 3,95 no ano de 2015 no ponto ATG (alto Taquarussu Grande).

Contempla-se nos resultados, que os maiores valores de turbidez apresentados são da sub-bacia do Taquarussu Pequeno, de 91,20 uT no ponto MTP e de 75,40 uT no ponto BTP ambos no mês de novembro do ano de 2015 e os menores resultados ocorreram nas duas sub-bacias de forma homogênea com valores entre 1,11 uT no mês de dezembro e 3,11 uT no mês de julho.

Marques (2011) corrobora com estes resultados, ao afirmar que na ETA 6, estudos desenvolvidos nos anos de 2007 e 2008, apresentaram resultados com valores entre 7,0 uT a 90,7 uT generalizada na sub-bacia, com ápice nos período chuvoso, janeiro e abril e os menores em julho e outubro do dois anos avaliado.

Tabela 43 – Valores de turbidez (uT) das sub-bacias ribeirão Taquarussu Pequeno e Grande, no período de 2014 e 2015.

COMPARATIVO DE TURBIDEZ (uT) ENTRE 2014 E 2015											
	ATP		MTP		BTP		BTG		ATG		
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	
Turbidez (uT)	Jan	16,10	7,98	8,66	28,60	22,50	50,40	20,10	28,90	7,44	17,30
	Fev	12,50	22,70	17,20	37,10	26,00	24,60	24,40	27,40	12,90	9,63
	Mar	14,80	5,14	12,70	8,18	15,40	27,30	22,70	13,60	8,10	5,69
	Abr	7,74	6,57	15,80	8,70	47,10	29,70	20,60	14,30	34,00	31,10
	Mai	5,92	4,51	8,72	5,67	12,00	6,05	7,79	6,29	3,66	3,31
	Jun	3,88	2,42	3,87	2,23	4,44	2,87	5,23	2,60	4,82	2,51
	Jul	3,77	2,48	2,88	1,91	3,43	2,22	3,11	2,24	2,32	2,29
	Ago	2,83	4,55	2,55	2,75	3,28	2,29	3,36	2,14	2,72	2,23
	Set	2,70	2,96	2,19	3,29	2,41	3,96	3,43	3,44	2,46	2,49
	Out	3,07	3,54	2,00	2,31	2,96	3,55	4,41	3,66	4,31	3,28
	Nov	6,22	44,20	7,23	91,20	9,83	75,40	7,51	5,33	3,45	4,72
	Dez	4,50	18,40	6,82	1,11	36,80	29,30	13,50	8,79	15,00	4,59
MAX	16,10	44,20	17,20	91,20	47,10	75,40	24,40	28,90	34,00	31,10	
MED	5,21	4,85	7,03	4,48	10,92	15,33	7,65	5,81	4,57	3,95	
MIN	2,70	2,42	2,00	1,11	2,41	2,22	3,11	2,14	2,32	2,23	

Fonte: OA/SANEATINS (2016)

4.13.3 - Correlação de Pearson dos sólidos suspensos totais x turbidez 2014 e 2015.

Os diagramas de dispersão demonstram o grau de associação entre as variáveis e a tendência de variação em conjunto. De seguida selecionou-se alguns dos gráficos mais elucidativos do estudo da relação entre as variáveis.

Ao avaliar os diagramas, representados pelas figuras 18 e 19, observa-se que embora a dispersão da correlação das variáveis sólidos suspensos totais mg.L^{-1} e turbidez (uT),

apresente correlação linear positiva, identifica-se que as nuvens de pontos somente evidencia relação no ano de 2015, com percentual equivalente a **59%**, classificado com **moderada positiva** e justificada pelas relações da turbidez com SST no ponto BTP, assim demonstrados: janeiro SST 23 mg.L⁻¹ para turbidez de 26 uT, abril SST de 41 mg.L⁻¹ e turbidez de 47,10 uT, maio SST 10 mg.L⁻¹ e turbidez de 4 uT, junho SST 2 mg.L⁻¹ e turbidez de 4 uT, julho SST 1 mg.L⁻¹ e turbidez de 3,43 uT, setembro SST 2 mg.L⁻¹ e turbidez de 2,41 uT e dezembro SST 120 mg.L⁻¹ e turbidez de 36 uT e no ponto BTG, com comportamento demonstrados assim: janeiro SST 23 mg.L⁻¹ e turbidez de 20 uT, fevereiro SST 29 mg.L⁻¹ e turbidez de 24,4 uT e abril SST 22 mg.L⁻¹ e turbidez de 20,60 uT e inexistência de relação entre o parâmetro pesquisados no ano de 2014, com a correlação de Pearson equivalente a 25%, sendo classificado como **fraca positiva**.

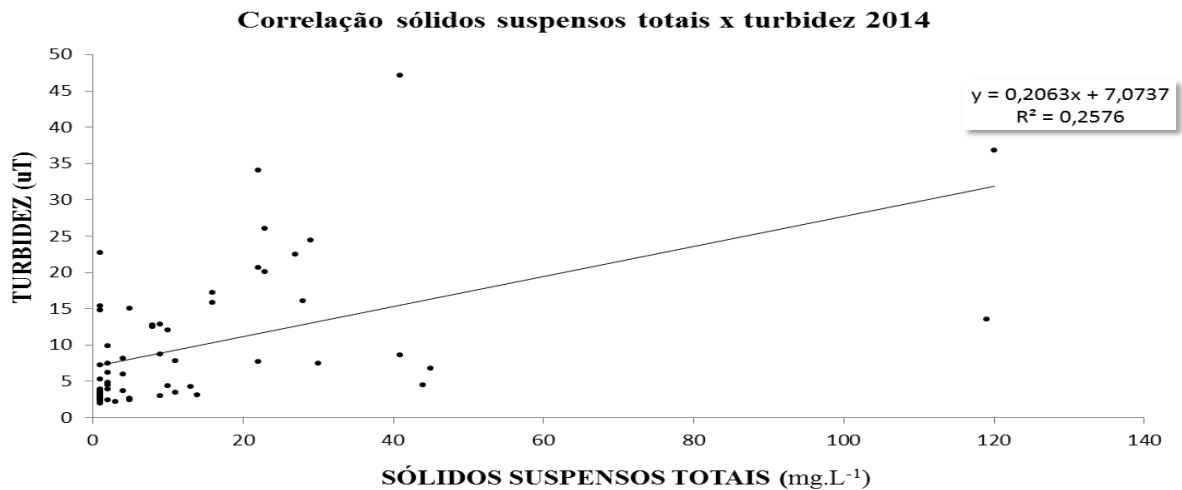


Figura 18 – Diagrama de dispersão da correlação das variáveis sólidos suspensos totais mg.L-1 e turbidez (uT), referente ao ano de 2014 – Fonte: OA|SANEATINS (2016).

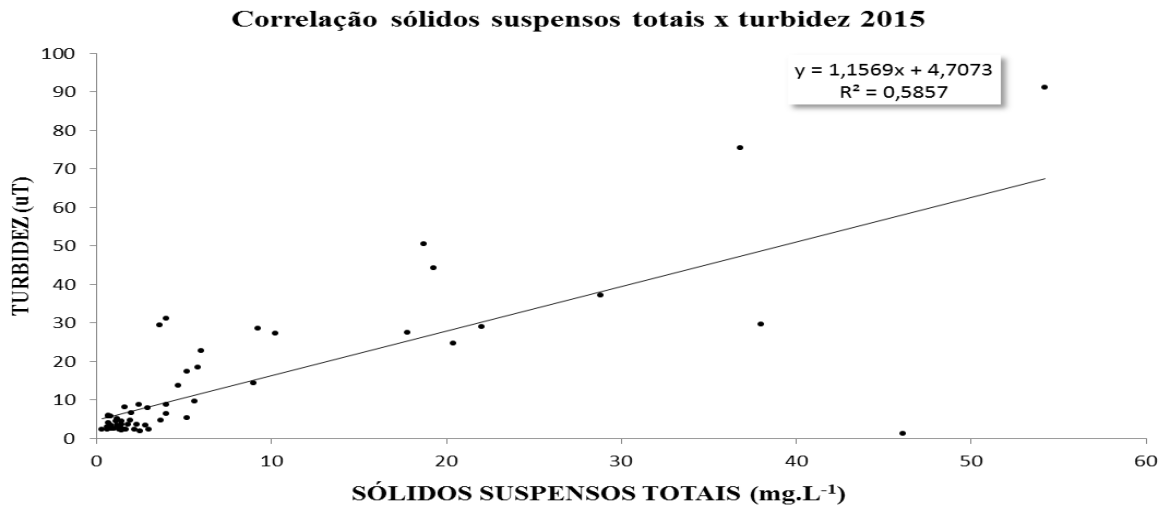


Figura 19 – Diagrama de dispersão da correlação das variáveis sólidos suspensos totais mg.L-1 e turbidez (uT), referente ao ano de 2015 – Fonte: OA|SANEATINS (2016)

5. CONCLUSÕES

Este estudo tem como objetivo analisar os custos operacionais para tratamento de água em função da degradação ambiental, tendo como estudo de caso a Estação de Tratamento de Água - ETA 006. Através do desenvolvimento deste trabalho foi possível verificar a importância da gestão dos custos e da apropriação correta dos custos e consumos, bem como propiciar ferramenta no processo da tomada de decisão e para a avaliação da realidade e o nível padrão a ser estabelecido para a atividade.

Resposta ao objetivo que orientou este estudo, pode-se dizer que foram alcançados e relatados na análise e no desenvolvimento do trabalho, possibilitado ao diagnóstico, através dos métodos estabelecidos.

Portanto, conclui-se que:

Os custos e consumos da cal hidratada e do sulfato de alumínio, justifica-se, pelo acréscimo de 105,44% do volume aduzido entre o ano 2010 a 2015 e menos pela alteração da turbidez do Ribeirão Taquarussu.

A correlação de Pearson indica que a turbidez do Ribeirão Taquarussu influenciou somente nos custos dos produtos químicos (cal hidratada e sulfato de alumínio).

A Anova e Regressão múltipla define que a turbidez não influencia nos custos operacionais.

O custo médio de produto químico representa 12% dos custos totais no período estudado, o que presume que a alteração deste indicador, é diretamente proporcional à qualidade da água ofertada pelo manancial.

O custo médio de produto químico em relação aos custos totais é de 12%, corresponde à média dos custos totais de R\$ 2.992.906,94 com a captação da água diretamente do Ribeirão Taquarussu, para uma turbidez média variando entre 4<uT<84. Enquanto a média estimada em estudo realizada por Queiroz (2010) estabelece 39% dos custos com produtos químicos em relação aos custos totais, correspondendo a média custos totais de R\$. 4.220.078,41 captando a água diretamente do lago. Isso deve ser considerada pela concessionária de água,

que o dever de promover práticas preservacionistas e de mitigação para a preservação do manancial, por ser suma importância, para redução dos custos com o produto químico e investimentos em outras unidade de tratamento, bem como recuperar a disponibilidade hídrica do manancial. Considerando que a turbidez no período de estudo, não ocorrer grandes oscilações, a ponto de alterar a rotina operacional da ETA 6, enquanto a disponibilidade hídrica está reduzindo gradativamente conforme mostram os dados de vazão do mês de agosto de 2010 com 1,05 m³/s decaindo no ano de 2015 para 0,39 m³/s e no mês de setembro no ano de 2010 a vazão é de 0,63 m³/s decaindo para 0,34 m³/s no ano de 2015.

Quanto aos custos para etapa produção de água tratada, considera-se 2015 o ano com melhor custo benefício, detentor do custo máximo mensal de R\$ 0,30/m³ e custos máximo anual de R\$ 0,25 R\$/m³.

A etapa de produção de água tratada demonstra mais eficiência nos custos, com a menor oscilação entre os custos anual.

Finalmente, pode se concluir que, as análises das cinco estações amostrais, realizadas em 2014 e 2015, referenda que a turbidez da bacia do Ribeirão Taquarussu, no período de estudo, não influencia na operacionalização da ETA 6.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, L. O. A. (2007). **Análise da produtividade dos pontos de expedição da usina arcelormital aços longos-unidade Juiz de Fora**. Tese de Doutorado. Universidade de Juiz de Fora.

ANJOS, A. dos. (2008). **Análise de Variância**. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/ce003/material/cap7.pdf>> Acesso em: 11 mai. 2016.

ANDRADE, M. R. de. (2011). **Produtividade na Indústria Brasileira entre 1990 e 2002: Comparação entre Indústria de Processo e de Montagem**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos.

ANJOS, A. dos. (2008). **Análise de Variância**. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/ce003/material/cap7.pdf>> Acesso em: 11 mai. 2016.

ARAÚJO, L. E de., et al. (2009). **Bacias Hidrográficas e Impactos Ambientais**, *Qualitas Revista Eletrônica*, Campina Grande – PB. 18.p.

AYRES, M. et. al.. (2007). **Aplicações Estatísticas nas Áreas Biológicas e Médicas**. Belém: Sociedade Mamirauá. Brasília CNPq. 290p.

BAPTISTELLA, M.; S. M.T.A. (2006). **O Uso de Redes Neurais e Regressão Linear Múltipla na Engenharia de Avaliações: Determinação dos Valores Venais de Imóveis Urbanos**. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 38, Goiânia, GO.

BARROS, M. V. G.; REIS, R. S. (2003). **Análise de Dados em Atividade Física Saúde: demonstrando a utilização do SPSS**. Londrina: Midiograf.

BARROS, D. J. *et al.* (2011). **Análise da Ocorrência de Metais em Águas Superficiais e Produção de Sedimentos na Rede Hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu Grande, Palmas - TO**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 19, 2011, Maceió. *Anais.Maceió: ABRH*,.

BARROS, E. K. E. (2007). **Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) e identificação de conflito no uso da terra na bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande**,

Palmas – TO. Monografia. Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins. Palmas.

BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. (2010). **Seleção de tecnologias de tratamento de água.** São Carlos: LDiBe., p. 868.

BERTOLDO, J.G.; et al. (2008). **Problemas Relacionados com o Uso de Testes de Comparação de Médias em Artigos Científicos.** Biotemas, 21 (2): 145-153,

BONIN C. V. (2000). **Produtividade na manutenção de redes de água e esgoto.** Saneare - www.saneare.com.br/saneare/sanare/v13/Produtividade/produtividade.html. Revista Técnica da Saneare V. 13 nr 13. Acessado no dia 29/03/2016.

BORGES, L. C.; F. D.F. (2003). **Poder e Taxas de Erro tipo I dos testes Scott-knott, Tukey e Student-Newmankeuls** sob distribuições normal e não normais dos resíduos. **Rev. Mat. Estat.**, São Paulo, 21(1): 67-83.

BOUZON M.; C. A. S; R. C. M. T. (2013). **Determinação do Padrão de Operação Ótima para o Custo Energético de um Sistema de Distribuição de Água,** p. 515.

Braga, F.P. (2014). **Avaliação de Desempenho de Uma Estação de Tratamento de Água no Município de Juiz de Fora - MG** p. 73.

CANZIANI, J. R. F. (1999). **Uma abordagem sobre as Diferenças de Metodologia Utilizada no Cálculo do Custo Total de Produção da Atividade Leiteira a Nível Individual (produtor) e a Nível Regional.** In: Seminário sobre Metodologias de Cálculos de Custo de Produção de Leite, Piracicaba. Anais... Piracicaba: USP,

CARDELLINO, R.A.; S. F. (1992). **Utilização Correta e Incorreta dos Testes de Comparação de Médias.** Rev. Soc. Bras. Zoot., v. 21, n. 06, p. 985-995.

CHEN, Peter Y. & POPOVIC, Paula M. (2002). **Correlation.** London, Sage.

CONDO C. R. P; et al. (2015). **Ação da Qualidade da Água do Ribeirão Taquarussu, durante o processo de implantação do programa produtor de água.** XXI Simpósio

Brasileiro de Recursos Hídricos – Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável: Desafios do Conhecimento e da Gestão, p. 5-6, Brasília-DF, novembro.

CHIESA, V. B.; **Aplicabilidade de modelos matemáticos na análise de processos de outorga: O caso da bacia do Ribeirão Taquaruçu**, 2016, p.139.

CUNHA, L. H.; C. M. C. N. (2003). **Política e gestão ambiental**. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.) A questão ambiental: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.43-79.

Daniel, L. A. (2001). **Processo de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável**, PROSAB, São Carlos – SP, p.149.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA [EPE]. (2008). **Balanco Energético Nacional Brasil**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/> Acessado em: 02/03/2016

FÁVERO, L. P. (2009). **Análise de Dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro.

Filho, D. B. F., Júnior J. A. da S. (2009). **Desvendando os Mistérios do coeficiente de Correlação de Pearson (r)**, pag. 119. Revista Política Hoje, Vol. 18, n. 1.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. M. (1982). **Curso de estatística**. 3. ed. São Paulo: Atlas. 286p.

GARSON, G. D. (2009). *Statnotes*: Tópicos em Análise Multivariada

GUJARATI, D. N. (2000). **Econometria básica**. 3. ed. São Paulo: Makron Books. 846 p.

HAIR JR, et al. (2005). **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman.

HAIR Jr., et al, (1998). **Multivariate data analysis**. 5a ed., Upper Saddle River, Prentice Hall, 730 p.

HAIR Jr., et al, (2005). **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre, Bookman.

HARTER, H.L. (1957). **Error rates and sample size for range test in multiple comparisons**. Biometrics, 13: 511-536,

HELLER, L. (2008). **Saneamento e saúde**. Brasília: OPS/OMS. 97p.

IBGE, (2014). <http://conexaoto.com.br/2014/08/28/segundo-ibge-palmas-e-a-capital-com-maior-crescimento-geometrico-brasil-bate-202-milhoes-de-habitantes>, acessado dia 25/05/2016.

KASZNAR, I. K., GONÇALVES, B. M. L. (2007). **Regressão múltipla: uma digressão sobre seus usos**. Rio de Janeiro: IBCI. 2007.

LEVIN, Jack; FOX, James Alan. (2004). **Estatística para Ciências Humanas**. 9.ed. São Paulo: Prentice – Hall.

LEVIN, Jack; FOX, James; David R. (2012). **Estatística para Ciências Humanas**. 11.ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil.

LEVINE, D.M; BERENSON, M.L.; STEPHAN, D. (2005). **Estatística: Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC.

LIRA, G. A. S. T.; Bittencourt- Oliveira, M. C.; Moura, A. N. (2007). **Caracterização ecológica da comunidade fitoplanctônica em um reservatório de abastecimento do estado de Pernambuco**. *Revista Brasileira de Biociências*. V. 5, Supl. 2, p 219- 221. Porto Alegre.

LORD, F. e NOVICK, M. R. (1967). **Statistical theories of mental test scores**. Reading: AddisonWesley, 568p.

MARQUES, A.K. (2011). **Avaliação da Qualidade da Água da Sub-bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande e Área de sua Influência no Reservatório da Usina Hidroelétrica Luís Eduardo Magalhães, TO**. 229 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MAZULO, E.S. (2015). **Análise da Proficiência em Matemática por Meio de Regressão Linear Múltipla**. *Revista Intersaberes*, v.10, n. 21, p.613-625.

MELLO, G. R. SLOMSKI, V. (2005). **Sistema de Custos na Administração Pública: um estudo de sua situação nos Municípios Paranaenses** . In: Congresso Internacional de

Custos, 9., Itapema, 2005. Anais do IX Congresso Internacional de Custos. XII Congresso Brasileiro de Custos e II Congresso Mercosul de Custos e Gestão. Florianópolis: [s.n.].

MONTGOMERY, D.C. (2009). **Introdução ao Controle estatístico da Qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, Quarta Edição.

MONTGOMERY, J. L.; et al. (2001). **Tasco-Forage**: IV. Influence of a seaweed extract applied to tall fescue pastures on sensory characteristics, shelf-life, and vitamin e status in feedlot-finished steers. *J. Anim. Sci.*, 79 (4): 884-894.

MONTGOMERY; D. C.; VINING, G. C.; PECK, E. A. (2001). **Introduction to linear regression analysis**. 3^a ed. New York: J. Wiley, 641 p.

MOORE, David S. & McCABE, George. (2004). **Introduction to the practice of statistics**. New York, Freeman.

MORAIS, P. B., et al. (2008). **Monitoramento Limnológico da Área de Influência da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães- UHE Lajeado**. Relatório Técnico Final – Ciclo 2006 a 2008. Palmas.

MOREIRA, D. A. (1991). **Medida da Produtividade na Empresa Moderna**. São Paulo: Livraria Pioneira, 152 p.

Moura, G. N. P. de. (2010). **A Relação entre Água e Energia: Gestão Energética nos Sistemas de Abastecimento de Água das Companhias de Saneamento Básico do Brasil**.

NASCIMENTO, C. M. da S. A., EL-DEIR, S. G. (2013). **Alternatives Reuse for Waste of Treatment Plants Water and Sewage: The Brazilian Situation** – Universidade Rural de Pernambuco. São Paulo. 19.p.

NETER, J. et al. (2005). **Applied linear statistical models**. 5th ed. New York: Mc Graw-Hill/Irwin, 1396 p.

NETO, A.R. da S, **Cenário de abastecimento futuro de Palmas –To com base na simulação da disonibilidade hídrica do ribeirão Taquarussu Grande**, 2011, p. 44-49.

NETO W. L. C., et al. (2002). **Avaliação da Qualidade da Água do Córrego Taquarussu e sua influência na quantidade de produtos químicos utilizados na ETA 6**, Qualidade de produtos químicos utilizados na ETA 6 de Palmas Tocantins, Universidade Luterana de Palmas.

NEUMANN C. (2013). **Gestão de Sistemas de Produção e Operações: Produtividade, Lucratividade e Competitividade**, acessado dia 25/05/2016, via www.books.google.com.br/books.

NOVAES, A. G. (2001). **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação**. 3ª Rio de Janeiro: Campus, 409 p.

ODEBRECHT AMBIENTAL SANEATINS (2015). **Relatórios de produção de água, dos Sistema de Abastecimento de água de Palmas**, de 2010 a 2015.

OLIVEIRA, L. C. K. (2003). **Papel do Monitoramento e da Previsão de Vazões no Gerenciamento de Bacias Hidrográficas**. 7p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

OLIVEIRA, T. A. (2004). **Estatística Aplicada**, Universidade Aberta.

OSBORNE, Jason & WATERS, Elaine. (2002). **“Four assumptions of multiple regression that researchers should always test”**. Practical Assessment, Research & Evaluation, 8, 2. Disponível em: <http://PAREonline.net/getvn.asp?v=8&n=2>.

Pagnani E. M ; Junior R. O. de. (2009). **Administração e Gestão de Custos em Saneamento Básico: Um Estudo de Empresa Pública Municipal**, XVI Congresso Brasileiro de Custos – Fortaleza - Ceará, Brasil.

Parsekian, M. P. S. (2003). **Análise e Proposta de Formas de Gerenciamento de Estações de Tratamento de Águas de Abastecimento Completo em Cidade de Médio Porte do Estado de São Paulo**, São Paulo. 194 p.

PEIXOTO, R. H. P. B. (2001). **Sobre a Qualidade da Água do Rio Tocantins a Jusante da Usina Hidrelétrica Serra da Mesa (GO)**. (Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Paraíba). Campina Grande - PB. 91 p.

PIGNATARO, I.A.B. (1982). **Comparação múltipla de médias na análise da variância pelos testes Tukey, Ducan e DMS**. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, 12 (2-3): p.163-173.

PIMENTEL G. F. (2000). **Curso de estatística experimental**. 14^a ed. Piracicaba – SP: Editora da Universidade de São Paulo, 477p.

PIMENTEL-G. F. (1984). **Curso de Estatística Experimental**. 13. ed. Piracicaba: USP/ESALQ, 468 p.

Pizaia M.G. (2008). **Gestão de Custos industrial**, Universidade de Londrina Pr,

RANDHIR, T. O. et al. (2001), **A watershed-based land Prioritization Model for Water Supply Protection**. *Forest Ecology and Management*, v.143, n.1, p.47-56.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. (2005). **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. 415p.

REIS L. V.de S. **Cobertura Florestal e Custo do Tratamento de Águas em Bacias Hidrográficas de Abastecimento Público: Caso do Manancial do Município de Piracicaba**, Piracicaba. São Paulo. Agosto- 2004. 195-197p.

RODRIGUES S.C.A. (2012). **Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações**, Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em Ensino de Matemática no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 94 p.

QUEIROZ S. C. B.; **Utilização da dupla filtração, oxidação e adsorção com carvão ativado pulverizado no tratamento de água eutrofizada** Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Porto Alegre, agosto de 2010. 81p.**

SAAE SÃO MATEUS, (2016). <http://www.saaesma.com.br/tratamento>, acessado em 15/03/2016.

SANTOS, F. L. (2000). **Cartografia Geotécnica Regional do Município de Palmas/TO: área oeste do Meridiano 48 W Gr. 154f**. Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília.

SCHIELD, M. (1995). “**Correlation, Determination And Causality In Introductory Statistics**”. American Statistical Association, Section on Statistical Education.

SEPLAN. (2012). **Atlas do Tocantins: subsídio ao planejamento da gestão territorial**. Palmas – TO: SEPLAN. 79 p.

SEPLAN. (2004). **Relatório Final – Plano de Entorno do Lago da UHE Luís Eduardo Magalhães**. Palmas, TO, março, 2014.

SILVA, K. R. G. da, Mikowski P. A. (2005). **Metodologia para Apoio na Gestão de Perdas e na Gestão de Energia em Sistemas de Abastecimento**, 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

SILVA J. R. L. da; **Cianobacterias e Cianotoxinas no Reservatório da UHE Lajedo, Palmas – To – Fatores Confiionantes ao Surgimento de Floração e Avaliação da Remoção por Meio de uma Instalação Piloto de Dupla filtração – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares** - Autarquia associada à Universidade de São Paulo 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO [SNIS]. (2009). **Banco de dados SNIS. Série histórica**. Brasil, Disponível em: <http://www.snis.gov.br/> Acessado em: 10/03/2016.

SOARES, J.D.R. (2011). **Modelagem Matemática na Previsão de Colheita da Bananeira: regressão linear múltipla x redes neurais artificiais**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 119 p.

SPERLING, V. M. (2005). **Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária. DESA/UFMG. 3 ed. V. 1. Belo Horizonte.

TIMOSSI, L. S. Da. (2009). **Correlações entre a Qualidade de Vida e Qualidade de vida no Trabalho em Colaboradores das Industrias de Laticínios**, tese de mestrado em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 60.

TRIOLA, M.F. (2005). **Introdução à estatística**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC.

TUNDISI, J. G. (2003). **Recursos Hídricos** – Instituto Internacional de Ecologia “O Futuro dos Recursos” São Carlos SP. 15 p.

TUNDISI, J. G. (2006). **Nova perspectiva para Gestão de Recursos Hídricos** - Revista USP, São Paulo, n.70, p. 24-35.

VIANA, D. B.; BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. (2013). **Levantamento e Caracterização de Dados de Turbidez de Água Bruta e Tratada de 44 ETAS no Brasil com Tratamento em Ciclo Completo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, Goiânia, Anais. Rio de Janeiro, ABES, 2013.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. (1989). **Estatística experimental**. São Paulo: Atlas, 175p.

VIGNOLI, F. H. et al. (2002). **A Lei de Responsabilidade Fiscal Comentada para Municípios**. 1. ed. São Paulo, FGV/EAESP.

VILANOVA, J. DE A.; RIBEIRO, C. F. (2011). **Importância da Gestão da Produção e Gerenciamento de Custos em uma Indústria Alimenícia**. INSTITUTO BRASILEIRO DE PROFISSIONAIS DE SUPPLY CHAIN Artigo (301) 20 p.

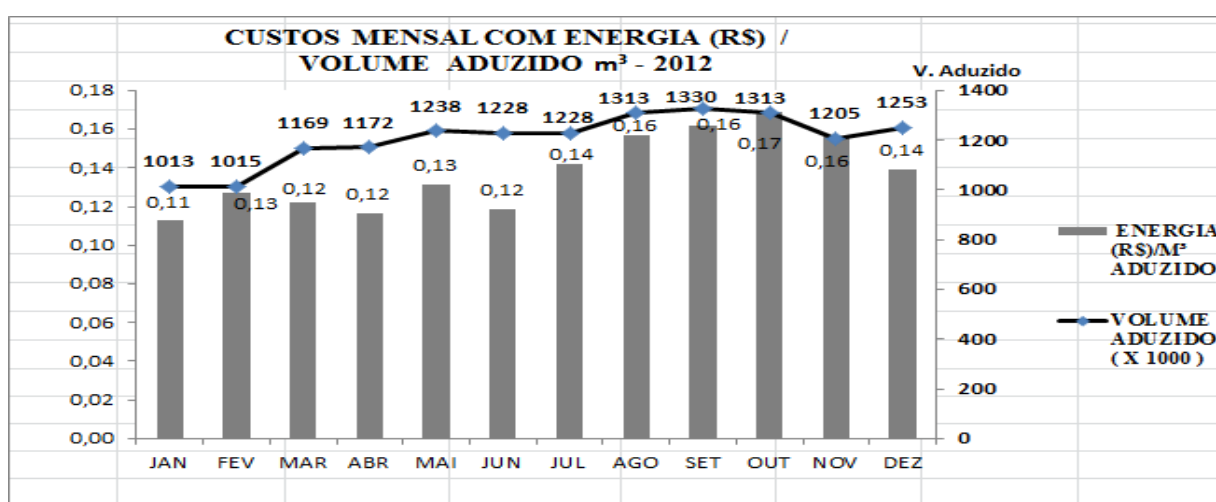
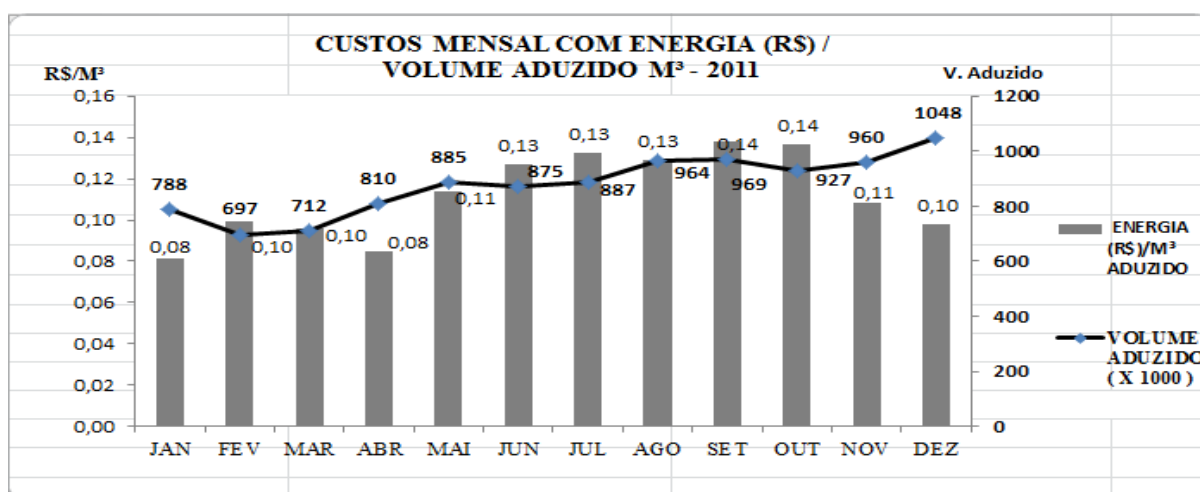
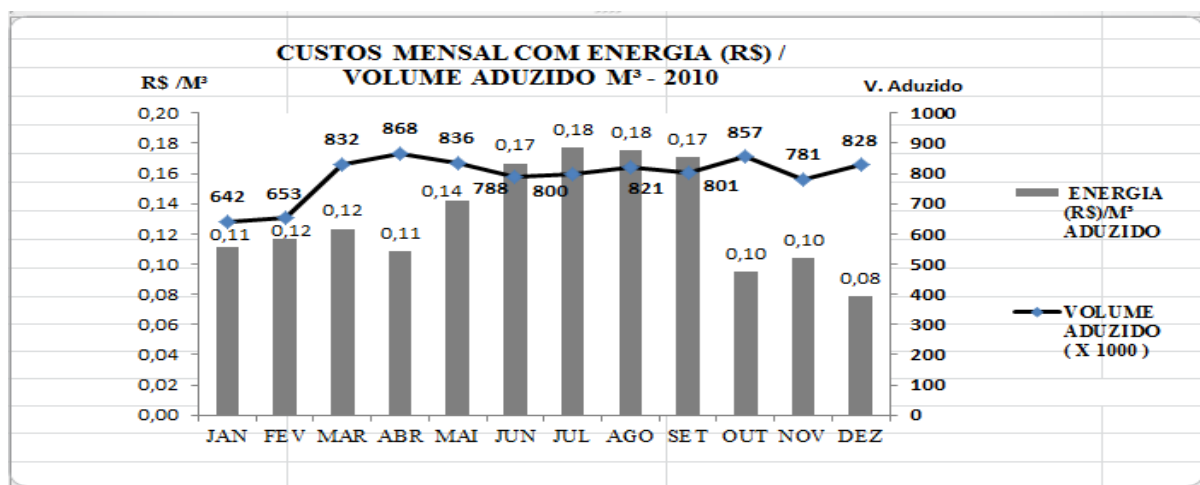
www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/uso-consciente/Paginas/horario-de-pico.aspx

7. APÊNDICE

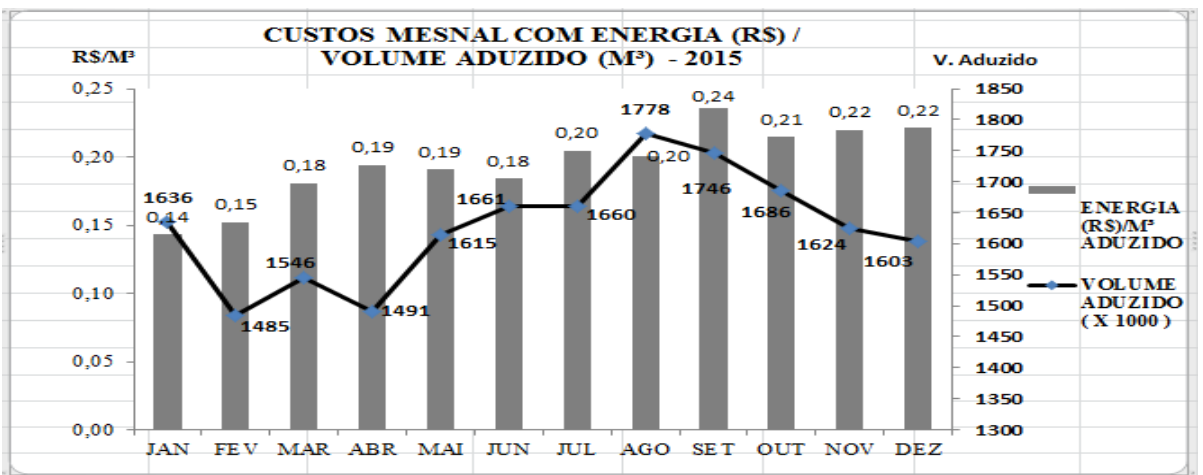
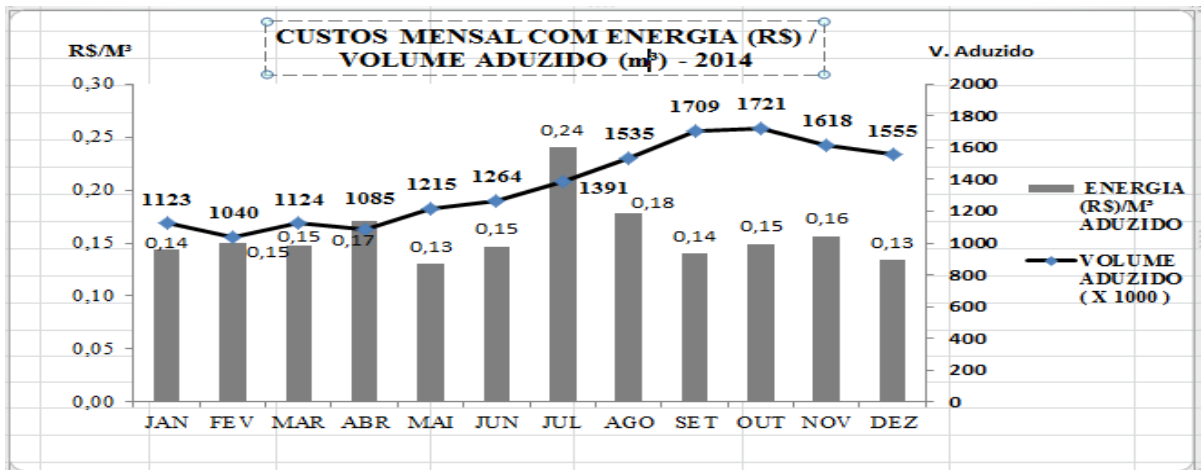
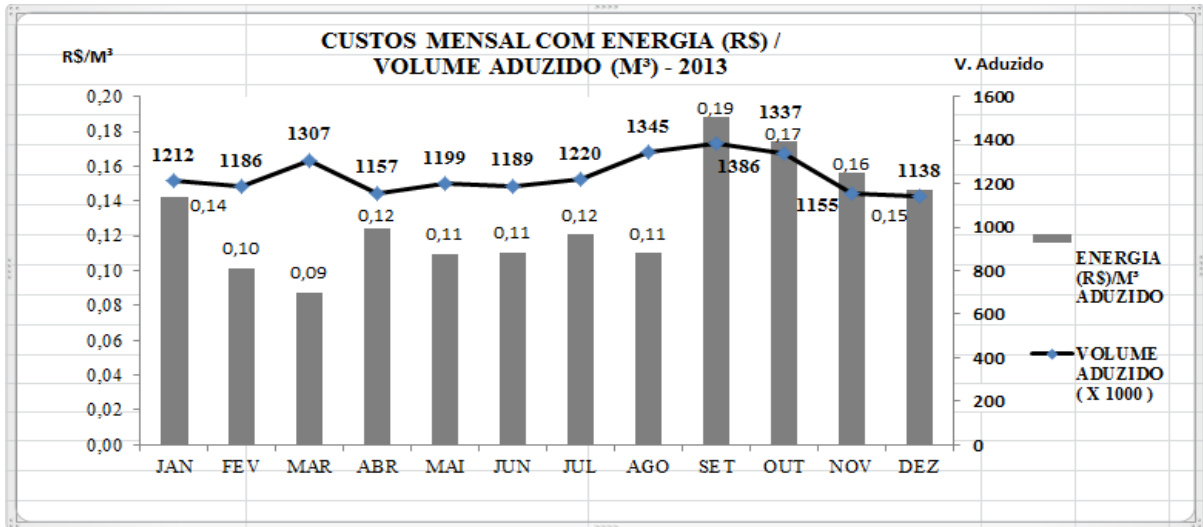
APÊNDICE A - RELAÇÃO DO QUOCIENTE DOS CUSTOS DE ENERGIA ELÉTRICA (R\$) COM VOLUME ADUZIDO (m³)

CUSTOS ANUAL COM ENERGIA (R\$) / VOLUME ADUZIDO (m³)												
MÊS	2010				2011				2012			
	CUSTOS ENERGIA (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CUSTOS ENERGIA / V. ADUZIDO (R\$/m³)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CUSTOS ENERGIA / V. ADUZIDO (R\$/m³)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CUSTOS ENERGIA / V. ADUZIDO (R\$/m³)
JAN	71,277,74	642,141,81	642	0,11	64,415,38	788,459,34	788	0,08	114,113,71	1,012,743,48	1013	0,11
FEV	75,990,78	653,338,00	653	0,12	69,238,08	697,369,00	697	0,10	128,935,57	1,014,672,05	1015	0,13
MAR	102,697,81	832,058,00	832	0,12	68,047,20	711,787,10	712	0,10	143,100,05	1,168,887,87	1169	0,12
ABR	94,335,99	867,820,29	868	0,11	68,571,81	810,231,00	810	0,08	136,608,27	1,171,638,12	1172	0,12
MAI	118,628,30	836,097,00	836	0,14	100,507,25	885,136,00	885	0,11	162,792,05	1,237,727,49	1238	0,13
JUN	131,359,86	787,876,92	788	0,17	110,971,20	874,579,00	875	0,13	145,961,78	1,228,298,37	1228	0,12
JUL	141,468,09	799,761,00	800	0,18	117,648,81	886,917,00	887	0,13	174,666,65	1,227,827,04	1228	0,14
AGO	144,017,90	821,458,00	821	0,18	124,326,41	964,058,06	964	0,13	206,235,88	1,312,668,76	1313	0,16
SET	137,119,15	801,058,84	801	0,17	133,833,42	969,273,70	969	0,14	214,839,10	1,330,246,65	1330	0,16
OUT	81,486,92	856,805,09	857	0,10	126,517,80	927,303,48	927	0,14	222,112,02	1,313,062,92	1313	0,17
NOV	81,486,92	780,958,37	781	0,10	103,965,53	959,553,34	960	0,11	188,453,95	1,205,314,00	1205	0,16
DEZ	65,081,03	828,023,01	828	0,08	102,428,05	1,047,963,99	1048	0,10	174,787,71	1,253,181,20	1253	0,14
MÊS	2013				2014				2015			
	CUSTOS ENERGIA (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CUSTOS ENERGIA / V. ADUZIDO (R\$/m³)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CUSTOS ENERGIA / V. ADUZIDO (R\$/m³)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CUSTOS ENERGIA / V. ADUZIDO (R\$/m³)
JAN	172,016,24	1,212,252,39	1212	0,14	161,452,03	1,123,033,00	1123	0,14	234,691,18	1,635,837,00	1636	0,14
FEV	120,457,83	1,185,825,90	1186	0,10	156,679,79	1,040,193,00	1040	0,15	226,078,51	1,485,169,00	1485	0,15
MAR	114,355,23	1,306,642,55	1307	0,09	165,942,04	1,124,207,00	1124	0,15	279,621,47	1,545,538,00	1546	0,18
ABR	143,623,29	1,156,685,76	1157	0,12	185,999,23	1,085,095,00	1085	0,17	289,727,40	1,491,217,00	1491	0,19
MAI	131,716,24	1,198,827,34	1199	0,11	158,323,35	1,215,450,00	1215	0,13	308,118,89	1,615,251,00	1615	0,19
JUN	131,646,63	1,189,359,98	1189	0,11	185,713,38	1,263,983,00	1264	0,15	305,691,18	1,661,338,00	1661	0,18
JUL	147,069,39	1,219,697,89	1220	0,12	334,679,28	1,391,085,00	1391	0,24	339,783,22	1,660,226,00	1660	0,20
AGO	147,997,09	1,345,277,00	1345	0,11	273,009,07	1,535,208,00	1535	0,18	356,815,91	1,778,167,00	1778	0,20
SET	261,504,64	1,386,233,00	1386	0,19	239,868,29	1,709,206,00	1709	0,14	411,490,81	1,745,870,00	1746	0,24
OUT	233,069,21	1,337,473,00	1337	0,17	257,002,27	1,721,471,00	1721	0,15	362,117,74	1,685,908,00	1686	0,21
NOV	180,216,77	1,154,739,00	1155	0,16	253,245,82	1,617,897,00	1618	0,16	357,306,70	1,624,124,00	1624	0,22
DEZ	167,032,41	1,138,462,00	1138	0,15	208,695,08	1,555,300,00	1555	0,13	354,510,79	1,603,212,00	1603	0,22

Fonte: O autor (2016)



Fonte: O autor (2016)



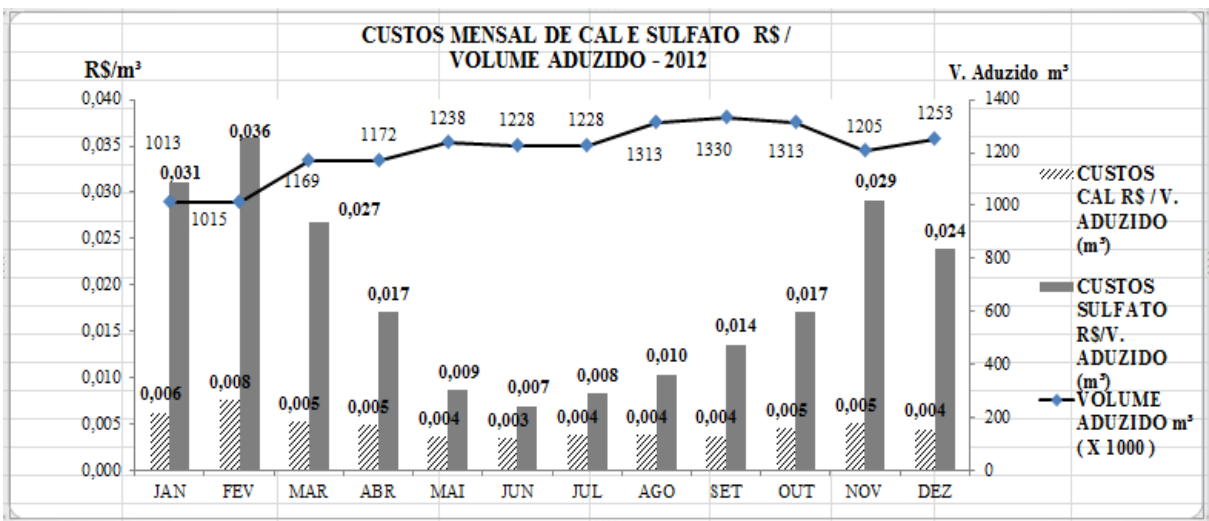
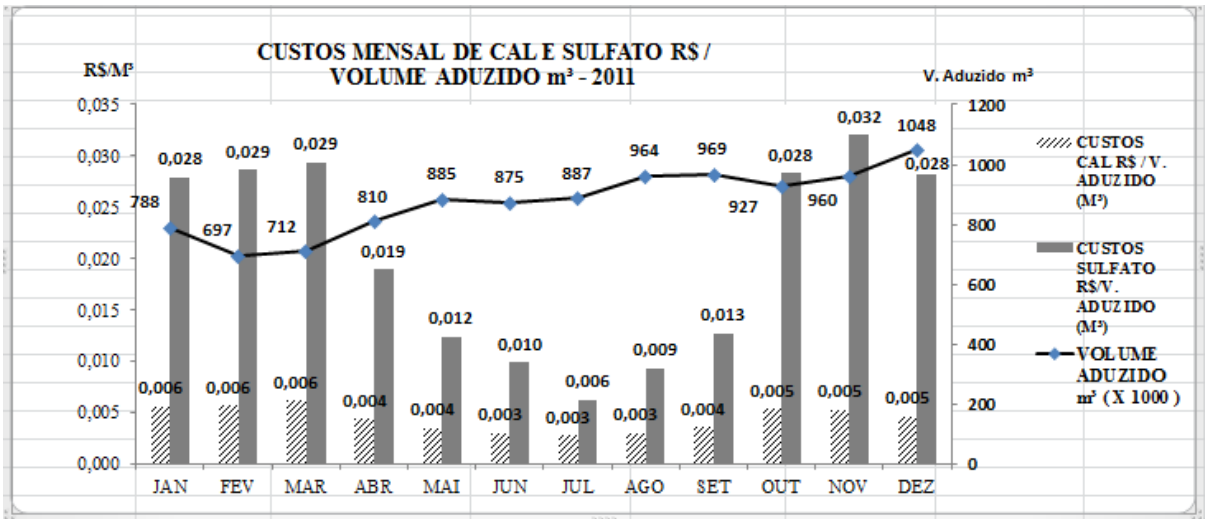
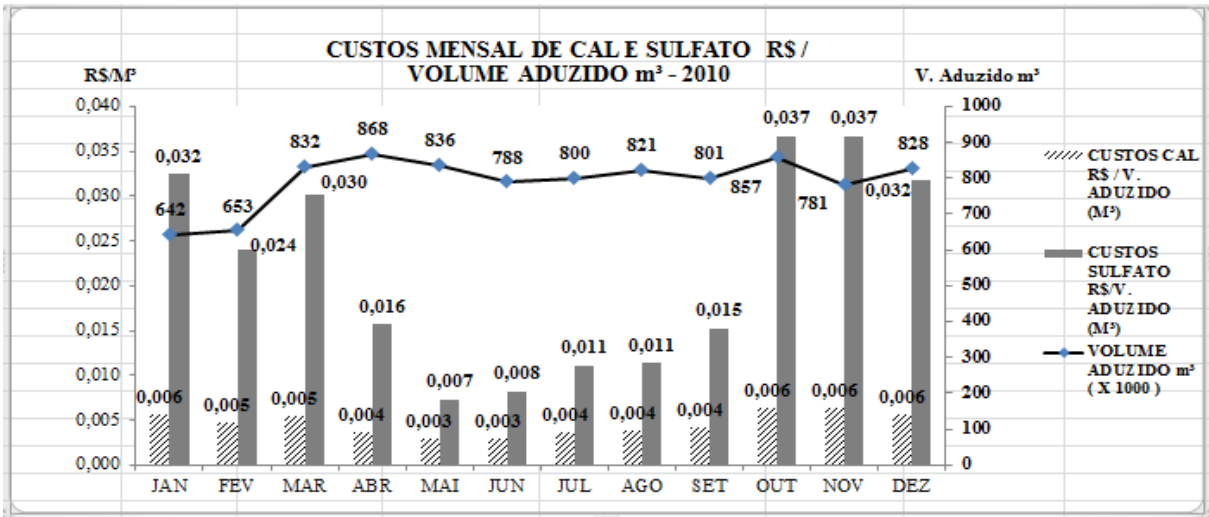
Fonte: O autor (2016)

APÊNDICE B

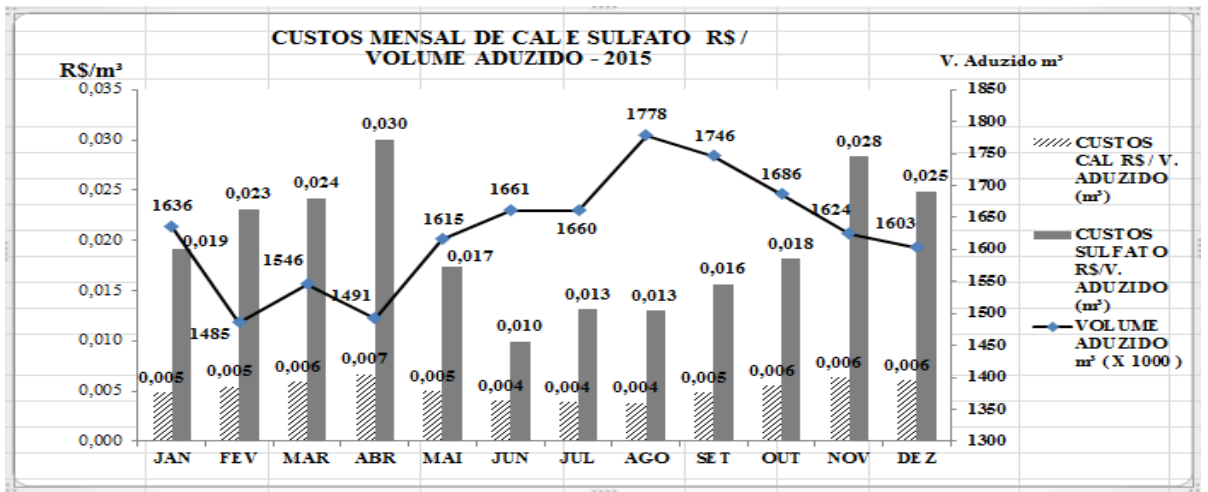
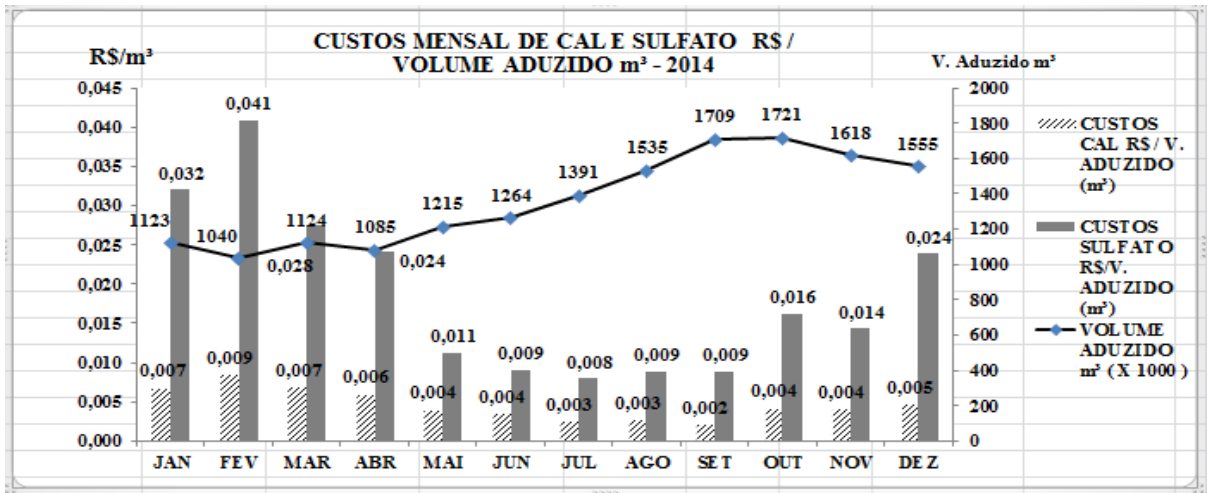
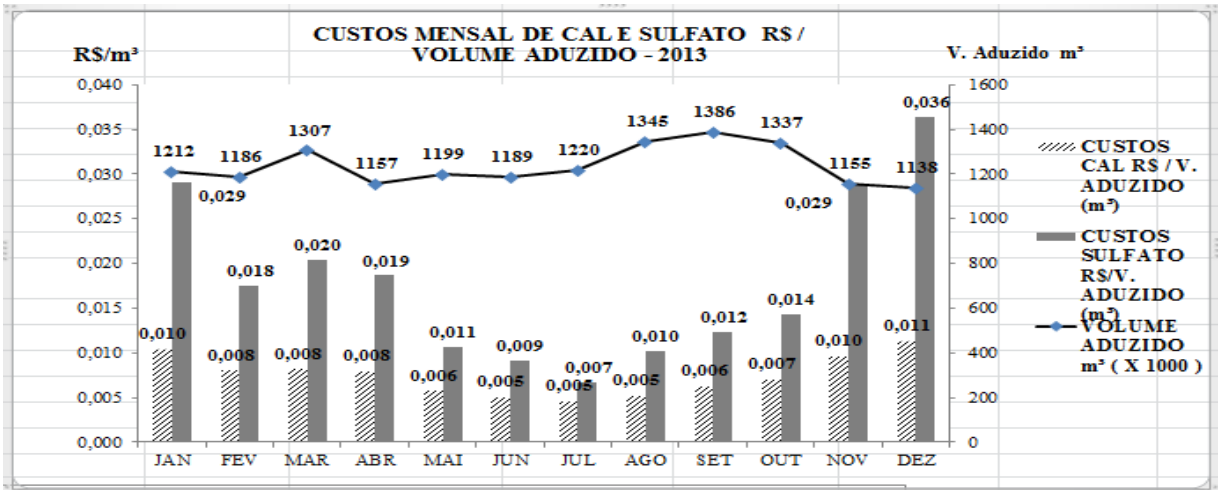
RELAÇÃO DO QUOCIENTE DOS CUSTOS ANUAL DE CAL E SULFATO DE ALUMÍNIO (R\$) POR VOLUME ADUZIDO (m³)

CORRELAÇÃO DE CONSUMO DE CAL E SULFATO (Kg) PELO VOLUME ADUZIDO (m ³)																		
2010						2011						2012						
MÊS	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO m ³ (X 1000)	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO m ³ (X 1000)	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO m ³ (X 1000)	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)
JAN	11980	33,461,00	642142	642,142	0,019	0,052	14320	34,172,00	788459	788,459	0,018	0,043	16280	45,319,00	1012743	1012,743	0,016	0,045
FEV	10140	25,166,00	653338	653,338	0,016	0,039	12760	30,959,00	697369	697,369	0,018	0,044	19994	52,314,00	1014672	1014,672	0,020	0,052
MAR	14780	40,365,00	832058	832,058	0,018	0,049	14080	32,424,00	711787	711,787	0,020	0,046	15920	44,947,00	1168888	1168,888	0,014	0,038
ABR	10460	21,922,00	867820	867,820	0,012	0,025	11440	23,791,00	810231	810,231	0,014	0,029	14624	28,728,00	1171638	1171,638	0,012	0,025
MAI	7760	9,799,00	836097	836,097	0,009	0,012	10080	17,031,00	885136	885,136	0,011	0,019	11480	15,342,00	1237727	1237,727	0,009	0,012
JUN	7460	10,385,00	787877	787,877	0,009	0,013	8500	13,405,00	874579	874,579	0,010	0,015	10800	12,310,00	1228298	1228,298	0,009	0,010
JUL	9480	14,219,00	799761	799,761	0,012	0,018	7900	8,636,00	886917	886,917	0,009	0,010	12100	14,746,00	1227827	1227,827	0,010	0,012
AGO	10380	15,005,00	821458	821,458	0,013	0,018	9400	13,992,00	964058	964,058	0,010	0,015	12860	19,508,00	1312669	1312,669	0,010	0,015
SET	10800	19,636,00	801059	801,059	0,013	0,025	11260	19,162,00	969274	969,274	0,012	0,020	12750	26,014,00	1330247	1330,247	0,010	0,020
OUT	17660	50,497,00	856805	856,805	0,021	0,059	16000	40,672,00	927303	927,303	0,017	0,044	15411,92	32,253,00	1313063	1313,063	0,012	0,025
NOV	16200	46,072,00	780958	780,958	0,021	0,059	16320	47,653,00	959553	959,553	0,017	0,050	15760	50,501,00	1205314	1205,314	0,013	0,042
DEZ	15280	42,192,00	828023	828,023	0,018	0,051	15600	45,719,00	1047964	1047,964	0,015	0,044	14360	43,101,00	1253181	1253,181	0,011	0,034
2013						2014						2015						
MÊS	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO m ³ (X 1000)	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO m ³ (X 1000)	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO m ³ (X 1000)	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)
JAN	16700	55152	1,212,252,39	1212	0,014	0,045	14580	52871	1,123,033,00	1123	0,013	0,047	12930	38046	1,635,837,00	1636	0,008	0,023
FEV	12640	32447	1,185,825,90	1186	0,011	0,027	16920	62443	1,040,193,00	1040	0,016	0,060	13130	41746	1,485,169,00	1485	0,009	0,028
MAR	14240	41513	1,306,642,55	1307	0,011	0,032	14920	45626	1,124,207,00	1124	0,013	0,041	14740	45519	1,545,538,00	1546	0,010	0,029
ABR	12320	33687	1,156,685,76	1157	0,011	0,029	12600	38400	1,085,095,00	1085	0,012	0,035	16160	54434	1,491,217,00	1491	0,011	0,037
MAI	9220	19911	1,198,827,34	1199	0,008	0,017	9480	20125	1,215,450,00	1215	0,008	0,017	13140	34237	1,615,251,00	1615	0,008	0,021
JUN	8140	17044	1,189,359,98	1189	0,007	0,014	8560	16853	1,263,983,00	1264	0,007	0,013	10940	20087	1,661,338,00	1661	0,007	0,012
JUL	7560	12651	1,219,697,89	1220	0,006	0,010	6820	16218	1,391,085,00	1391	0,005	0,012	10400	26468	1,660,226,00	1660	0,006	0,016
AGO	9400	21285	1,345,277,00	1345	0,007	0,016	8120	19955	1,535,208,00	1535	0,005	0,013	10980	28054	1,778,167,00	1778	0,006	0,016
SET	11580	26555	1,386,233,00	1386	0,008	0,019	7160	22138	1,709,206,00	1709	0,004	0,013	13840	33156	1,745,870,00	1746	0,008	0,019
OUT	12500	29803	1,337,473,00	1337	0,009	0,022	13900	41022	1,721,471,00	1721	0,008	0,024	15200	37184	1,685,908,00	1686	0,009	0,022
NOV	14720	52200	1,154,739,00	1155	0,013	0,045	12820	34022	1,617,897,00	1618	0,008	0,021	16580	56037	1,624,124,00	1624	0,010	0,035
DEZ	17060	64687	1,138,462,00	1138	0,015	0,057	14160	54645	1,555,300,00	1555	0,009	0,035	15660	48488	1,603,212,00	1603	0,010	0,030

Fonte: O autor (2016)



Fonte: O autor (2016)



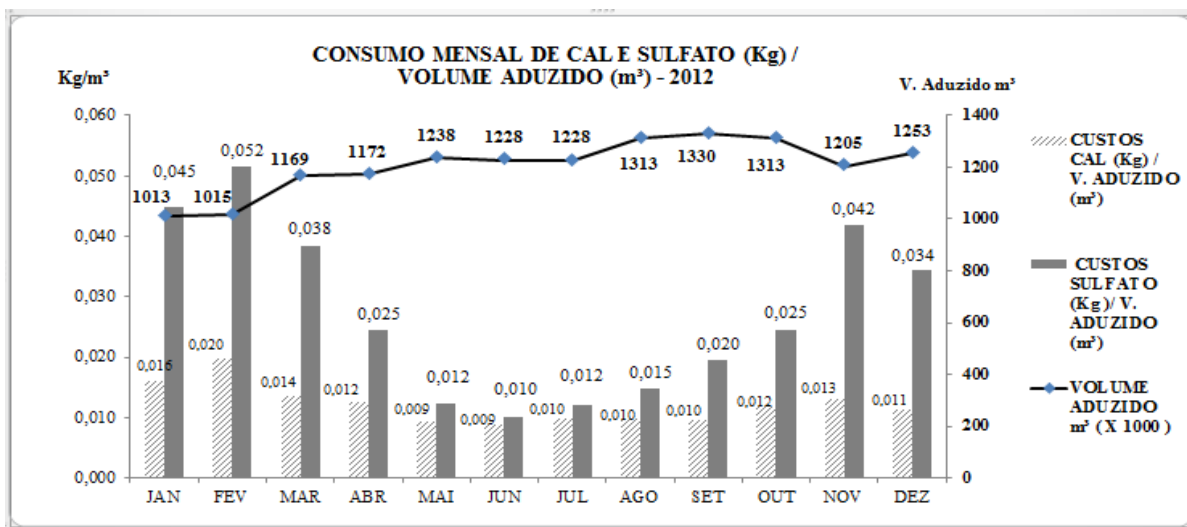
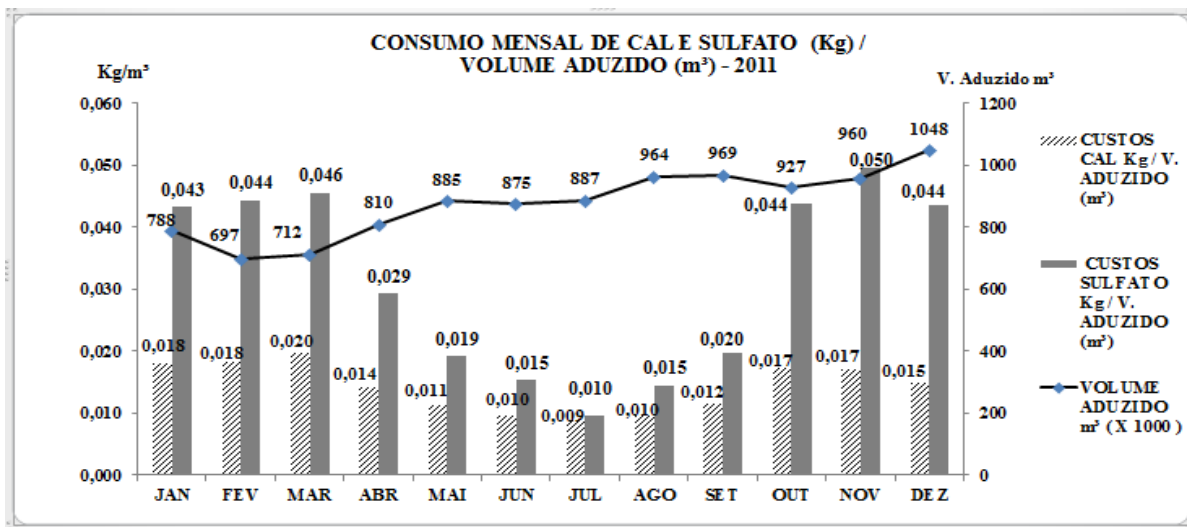
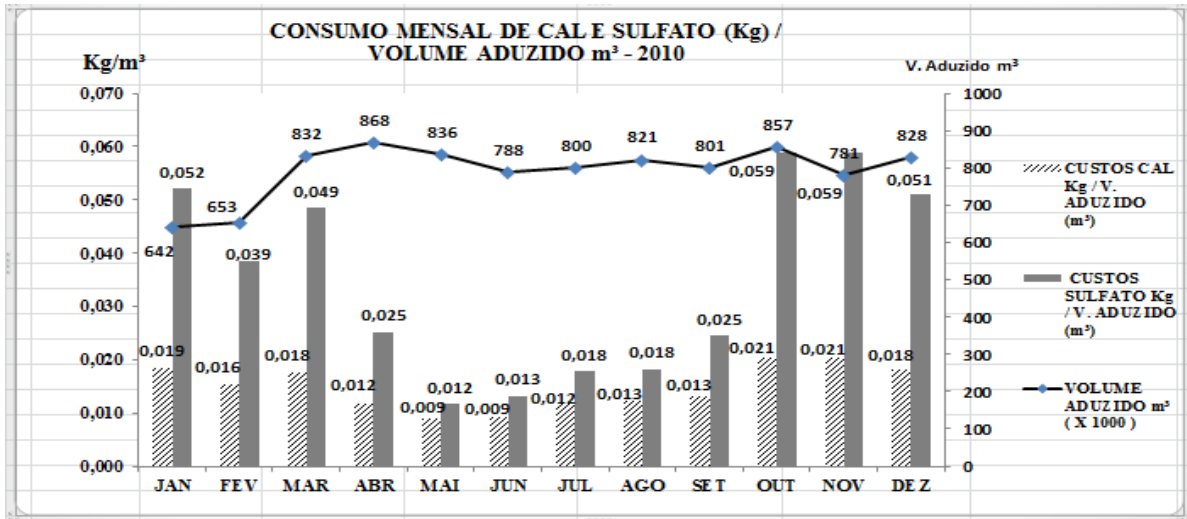
Fonte: O autor (2016)

APÊNDICE C

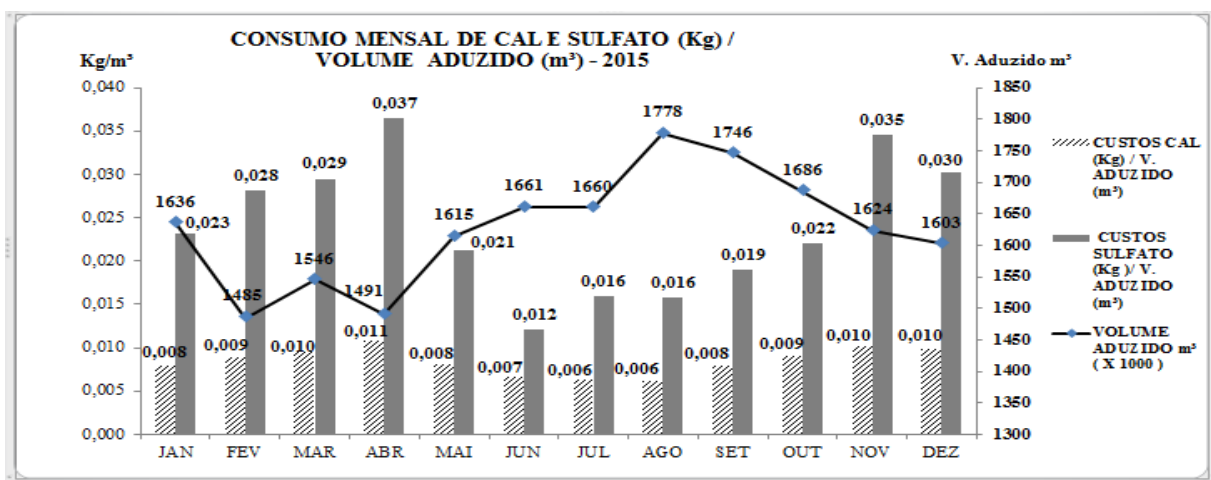
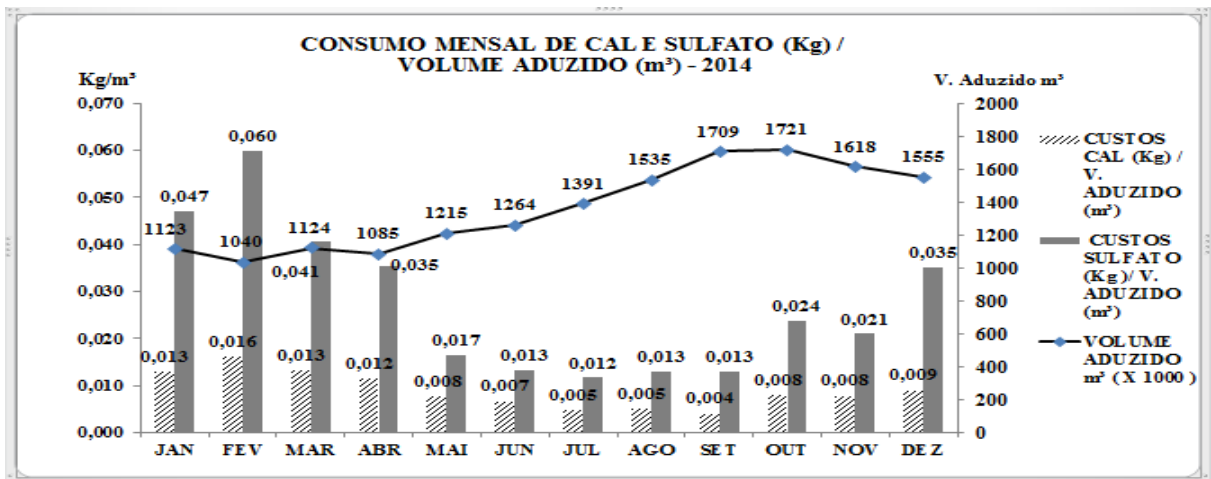
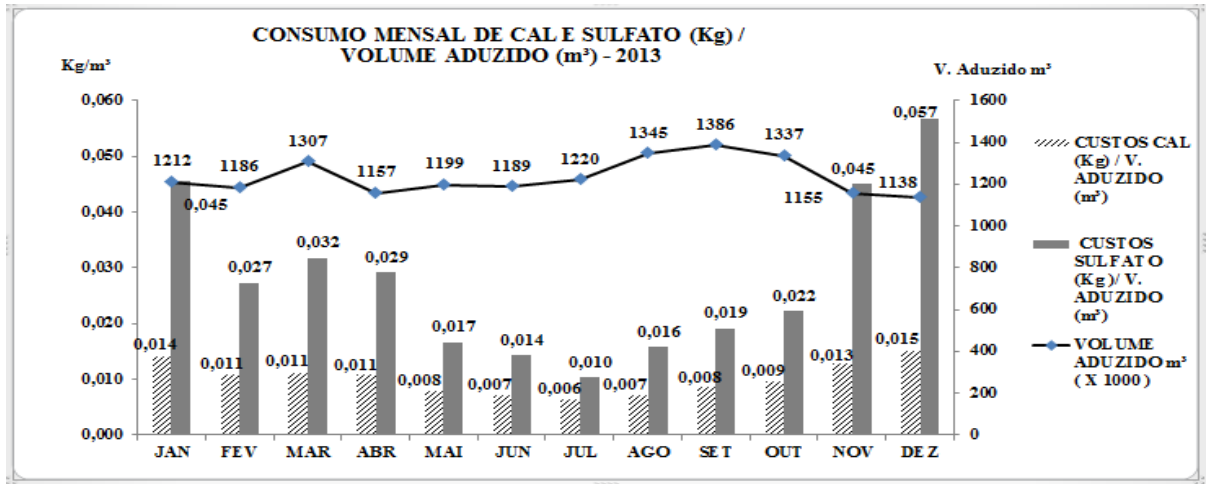
RELAÇÃO DO QUOCIENTE DOS CUSTOS CAL HIDRATADA E SULF. DE ALUMÍNIO (R\$) COM VOLUME ADUZIDO (m³)

CORRELAÇÃO DE CONSUMO DE CAL E SULFATO (Kg) PELO VOLUME ADUZIDO (m ³)																		
2010							2011						2012					
MÊS	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO (X 1000) m ³	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO (X 1000) m ³	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO (X 1000) m ³	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)
JAN	11980	33,461,00	642142	642,142	0,019	0,052	14320	34,172,00	788459	788,459	0,018	0,043	16280	45,319,00	1012743	1012,743	0,016	0,045
FEV	10140	25,166,00	653338	653,338	0,016	0,039	12760	30,959,00	697369	697,369	0,018	0,044	19994	52,314,00	1014672	1014,672	0,020	0,052
MAR	14780	40,365,00	832058	832,058	0,018	0,049	14080	32,424,00	711787	711,787	0,020	0,046	15920	44,947,00	1168888	1168,888	0,014	0,038
ABR	10460	21,922,00	867820	867,820	0,012	0,025	11440	23,791,00	810231	810,231	0,014	0,029	14624	28,728,00	1171638	1171,638	0,012	0,025
MAI	7760	9,799,00	836097	836,097	0,009	0,012	10080	17,031,00	885136	885,136	0,011	0,019	11480	15,342,00	1237727	1237,727	0,009	0,012
JUN	7460	10,385,00	787877	787,877	0,009	0,013	8500	13,405,00	874579	874,579	0,010	0,015	10800	12,310,00	1228298	1228,298	0,009	0,010
JUL	9480	14,219,00	799761	799,761	0,012	0,018	7900	8,636,00	886917	886,917	0,009	0,010	12100	14,746,00	1227827	1227,827	0,010	0,012
AGO	10380	15,005,00	821458	821,458	0,013	0,018	9400	13,992,00	964058	964,058	0,010	0,015	12860	19,508,00	1312669	1312,669	0,010	0,015
SET	10800	19,636,00	801059	801,059	0,013	0,025	11260	19,162,00	969274	969,274	0,012	0,020	12750	26,014,00	1330247	1330,247	0,010	0,020
OUT	17660	50,497,00	856805	856,805	0,021	0,059	16000	40,672,00	927303	927,303	0,017	0,044	15411,92	32,253,00	1313063	1313,063	0,012	0,025
NOV	16200	46,072,00	780958	780,958	0,021	0,059	16320	47,653,00	959553	959,553	0,017	0,050	15760	50,501,00	1205314	1205,314	0,013	0,042
DEZ	15280	42,192,00	828023	828,023	0,018	0,051	15600	45,719,00	1047964	1047,964	0,015	0,044	14360	43,101,00	1253181	1253,181	0,011	0,034
2013							2014						2015					
MÊS	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO (X 1000) m ³	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO (X 1000) m ³	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CAL (Kg)	SULFATO (Kg)	VOLUME ADUZIDO (m ³)	VOLUME ADUZIDO (X 1000) m ³	CUSTOS CAL Kg / V. ADUZIDO (m ³)	CUSTOS SULFATO Kg / V. ADUZIDO (m ³)
JAN	16700	55152	1,212,252,39	1212	0,014	0,045	14580	52871	1,123,033,00	1123	0,013	0,047	12930	38046	1,635,837,00	1636	0,008	0,023
FEV	12640	32447	1,185,825,90	1186	0,011	0,027	16920	62443	1,040,193,00	1040	0,016	0,060	13130	41746	1,485,169,00	1485	0,009	0,028
MAR	14240	41513	1,306,642,55	1307	0,011	0,032	14920	45626	1,124,207,00	1124	0,013	0,041	14740	45519	1,545,538,00	1546	0,010	0,029
ABR	12320	33687	1,156,685,76	1157	0,011	0,029	12600	38400	1,085,095,00	1085	0,012	0,035	16160	54434	1,491,217,00	1491	0,011	0,037
MAI	9220	19911	1,198,827,34	1199	0,008	0,017	9480	20125	1,215,450,00	1215	0,008	0,017	13140	34237	1,615,251,00	1615	0,008	0,021
JUN	8140	17044	1,189,359,98	1189	0,007	0,014	8560	16853	1,263,983,00	1264	0,007	0,013	10940	20087	1,661,338,00	1661	0,007	0,012
JUL	7560	12651	1,219,697,89	1220	0,006	0,010	6820	16218	1,391,085,00	1391	0,005	0,012	10400	26468	1,660,226,00	1660	0,006	0,016
AGO	9400	21285	1,345,277,00	1345	0,007	0,016	8120	19955	1,535,208,00	1535	0,005	0,013	10980	28054	1,778,167,00	1778	0,006	0,016
SET	11580	26555	1,386,233,00	1386	0,008	0,019	7160	22138	1,709,206,00	1709	0,004	0,013	13840	33156	1,745,870,00	1746	0,008	0,019
OUT	12500	29803	1,337,473,00	1337	0,009	0,022	13900	41022	1,721,471,00	1721	0,008	0,024	15200	37184	1,685,908,00	1686	0,009	0,022
NOV	14720	52200	1,154,739,00	1155	0,013	0,045	12820	34022	1,617,897,00	1618	0,008	0,021	16580	56037	1,624,124,00	1624	0,010	0,035
DEZ	17060	64687	1,138,462,00	1138	0,015	0,057	14160	54645	1,555,300,00	1555	0,009	0,035	15660	48488	1,603,212,00	1603	0,010	0,030

Fonte: O autor 2016



Fonte: O autor 2016



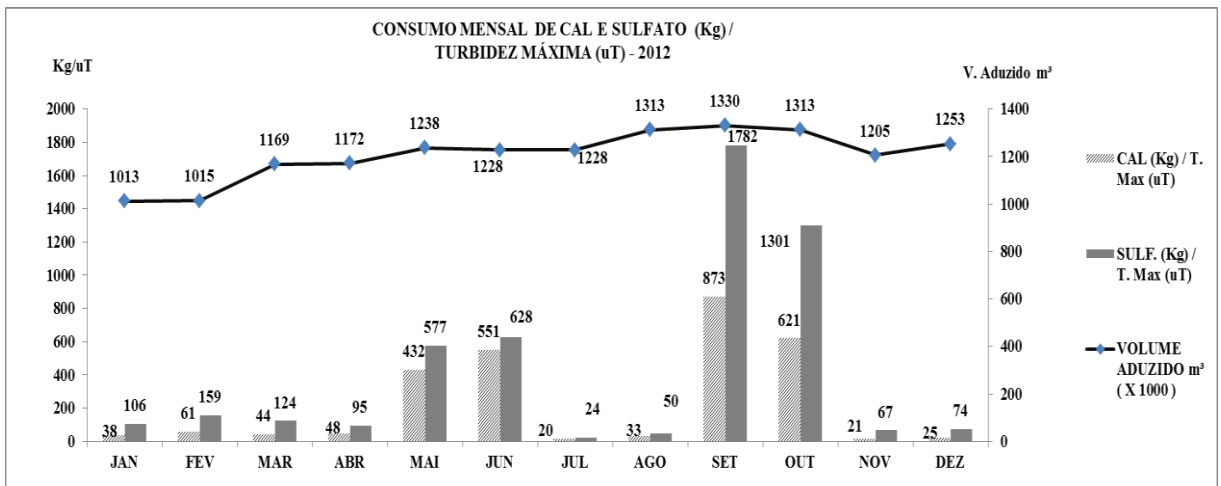
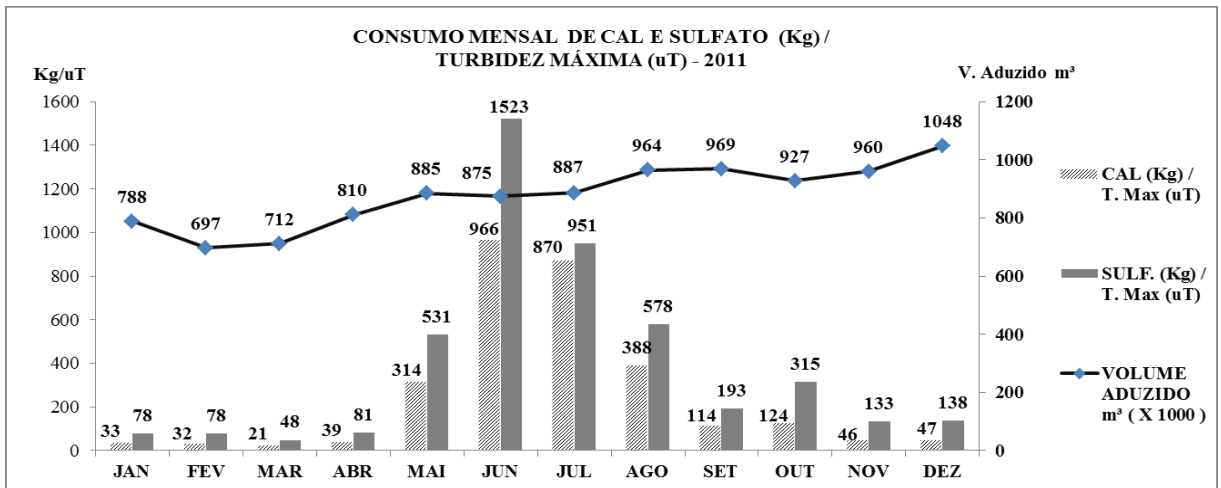
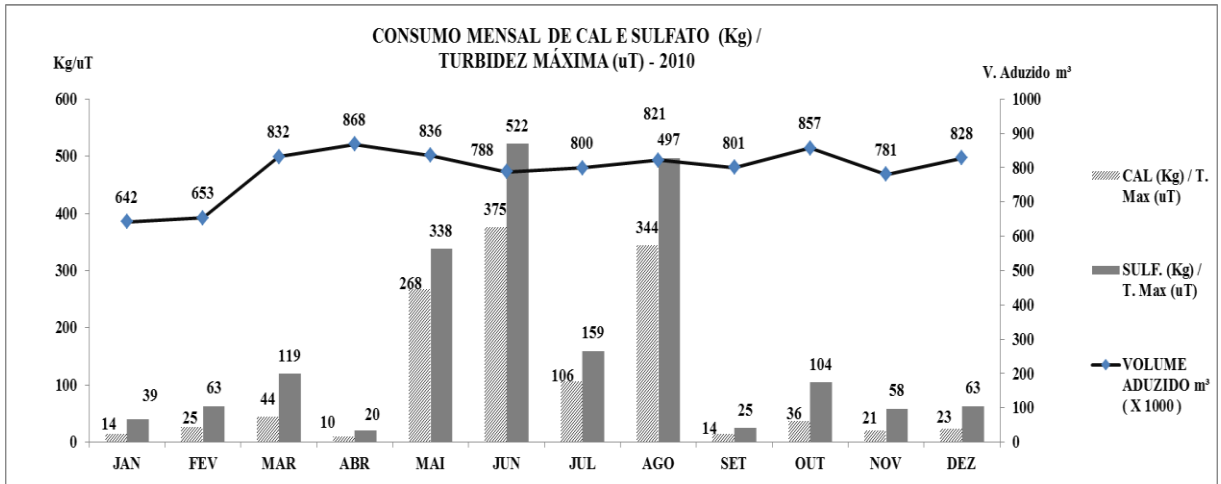
Fonte: O autor 2016

APÊNDICE D

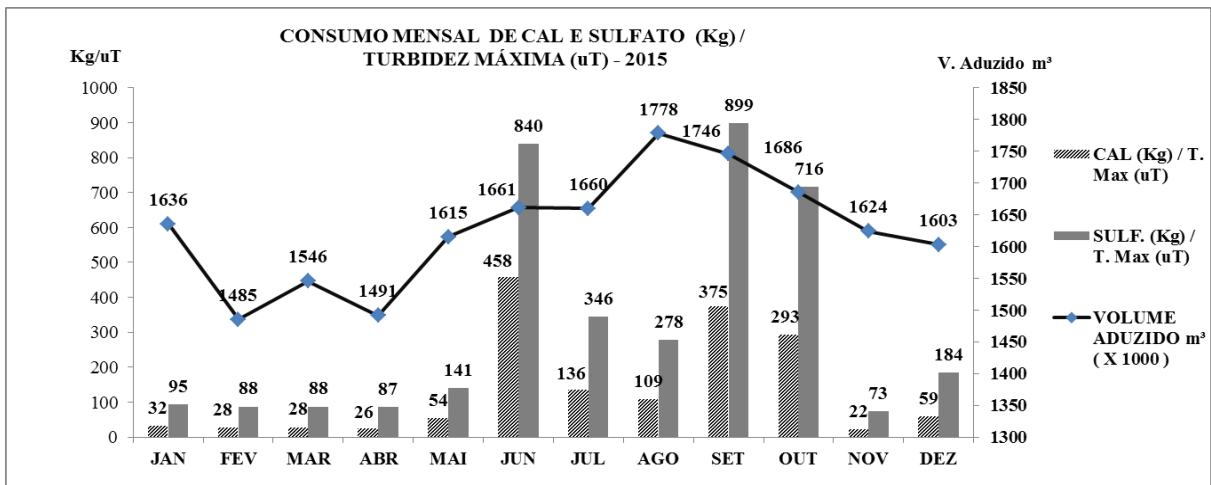
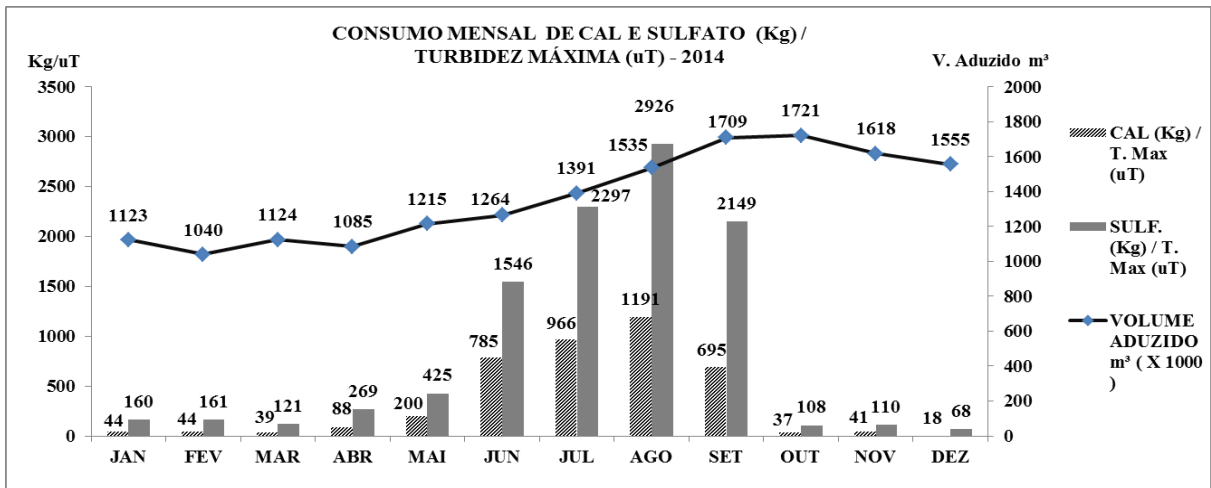
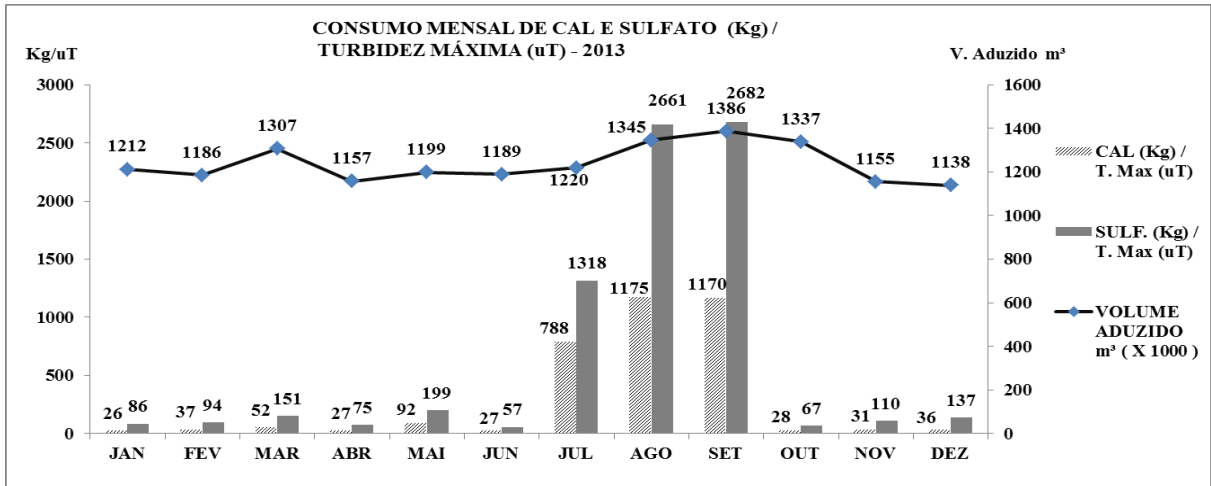
RELAÇÃO DO QUOCIENTE DE CONSUMO DE CAL HIDRATADA E SULF.DE ALUMÍNIO (R\$) X TURBIDEZ MÁXIMA (uT)

CORRELAÇÃO DE CONSUMO DE CAL E SULFATO (KG) PELA TURBIDEZ MÁXIMA (uT)																		
2010							2011						2012					
MÊS	CAL (KG)	SULFATO (KG)	TURBIDEZ MÁXIMA (uT)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CAL (Kg) / T. Max (uT)	SULF. (Kg) / T. Max (uT)	CAL (KG)	SULFATO (KG)	TURBIDEZ MÁXIMA (uT)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CAL (Kg) / T. Max (uT)	SULF. (Kg) / T. Max (uT)	CAL (KG)	SULFATO (KG)	TURBIDEZ MÁXIMA (uT)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CAL (Kg) / T. Max (uT)	SULF. (Kg) / T. Max (uT)
JAN	11980	33461	853	642	14	39	14320	34172	437	788	33	78	16280	45319	426	1013	38	106
FEV	10140	25166	401	653	25	63	12760	30959	399	697	32	78	19994	52314	329	1015	61	159
MAR	14780	40365	339	832	44	119	14080	32424	669	712	21	48	15920	44947	363	1169	44	124
ABR	10460	21922	1089	868	10	20	11440	23791	295	810	39	81	14624	28728	303	1172	48	95
MAI	7760	9799	29	836	268	338	10080	17031	32,1	885	314	531	11480	15342	26,6	1238	432	577
JUN	7460	10385	19,9	788	375	522	8500	13405	8,8	875	966	1523	10800	12310	19,6	1228	551	628
JUL	9480	14219	89,5	800	106	159	7900	8636	9,08	887	870	951	12100	14746	609	1228	20	24
AGO	10380	15005	30,2	821	344	497	9400	13992	24,2	964	388	578	12860	19508	394	1313	33	50
SET	10800	19636	795	801	14	25	11260	19162	99,2	969	114	193	12750	26014	14,6	1330	873	1782
OUT	17660	50497	485	857	36	104	16000	40672	129	927	124	315	15411,92	32253	24,8	1313	621	1301
NOV	16200	46072	788	781	21	58	16320	47653	357	960	46	133	15760	50501	755	1205	21	67
DEZ	15280	42192	667	828	23	63	15600	45719	331	1048	47	138	14360	43101	580	1253	25	74
2013							2014						2015					
MÊS	CAL (KG)	SULFATO (KG)	TURBIDEZ MÁXIMA (uT)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CAL (Kg) / T. Max (uT)	SULF. (Kg) / T. Max (uT)	CAL (KG)	SULFATO (KG)	TURBIDEZ MÁXIMA (uT)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CAL (Kg) / T. Max (uT)	SULF. (Kg) / T. Max (uT)	CAL (KG)	SULFATO (KG)	TURBIDEZ MÁXIMA (uT)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	CAL (Kg) / T. Max (uT)	SULF. (Kg) / T. Max (uT)
JAN	16700	55152	640	1212	26	86	14580	52871	330	1123	44	160	12930	38046	402	1636	32	95
FEV	12640	32447	345	1186	37	94	16920	62443	388	1040	44	161	13130	41746	477	1485	28	88
MAR	14240	41513	275	1307	52	151	14920	45626	378	1124	39	121	14740	45519	520	1546	28	88
ABR	12320	33687	450	1157	27	75	12600	38400	143	1085	88	269	16160	54434	625	1491	26	87
MAI	9220	19911	100	1199	92	199	9480	20125	47,3	1215	200	425	13140	34237	243	1615	54	141
JUN	8140	17044	297	1189	27	57	8560	16853	10,9	1264	785	1546	10940	20087	23,9	1661	458	840
JUL	7560	12651	9,6	1220	788	1318	6820	16218	7,06	1391	966	2297	10400	26468	76,6	1660	136	346
AGO	9400	21285	8,0	1345	1175	2661	8120	19955	6,82	1535	1191	2926	10980	28054	101	1778	109	278
SET	11580	26555	9,9	1386	1170	2682	7160	22138	10,3	1709	695	2149	13840	33156	36,9	1746	375	899
OUT	12500	29803	448	1337	28	67	13900	41022	380	1721	37	108	15200	37184	51,9	1686	293	716
NOV	14720	52200	474	1155	31	110	12820	34022	309	1618	41	110	16580	56037	765	1624	22	73
DEZ	17060	64687	471	1138	36	137	14160	54645	809	1555	18	68	15660	48488	264	1603	59	184

Fonte: O autor 2016



Fonte: O autor 2016



Fonte: O autor 2016

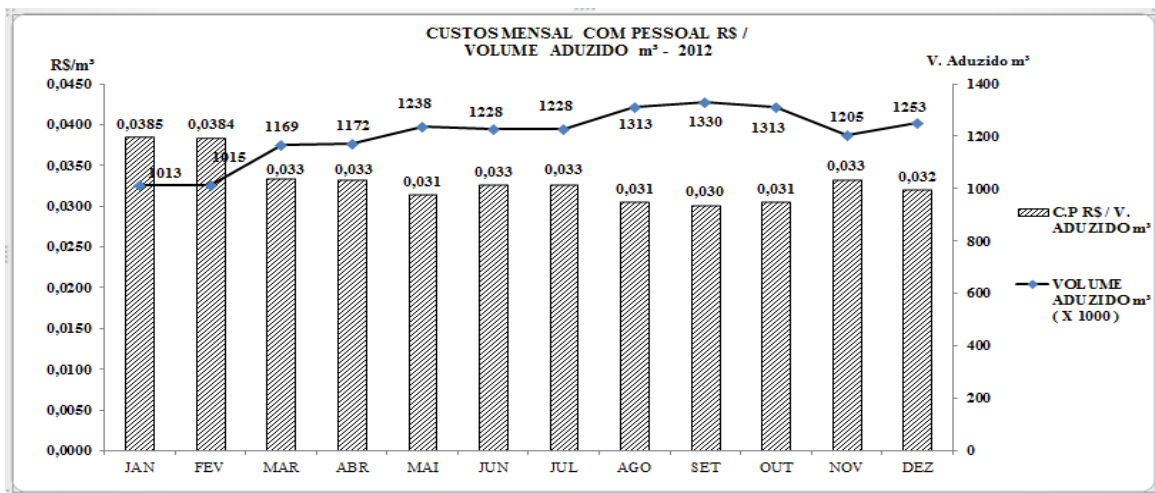
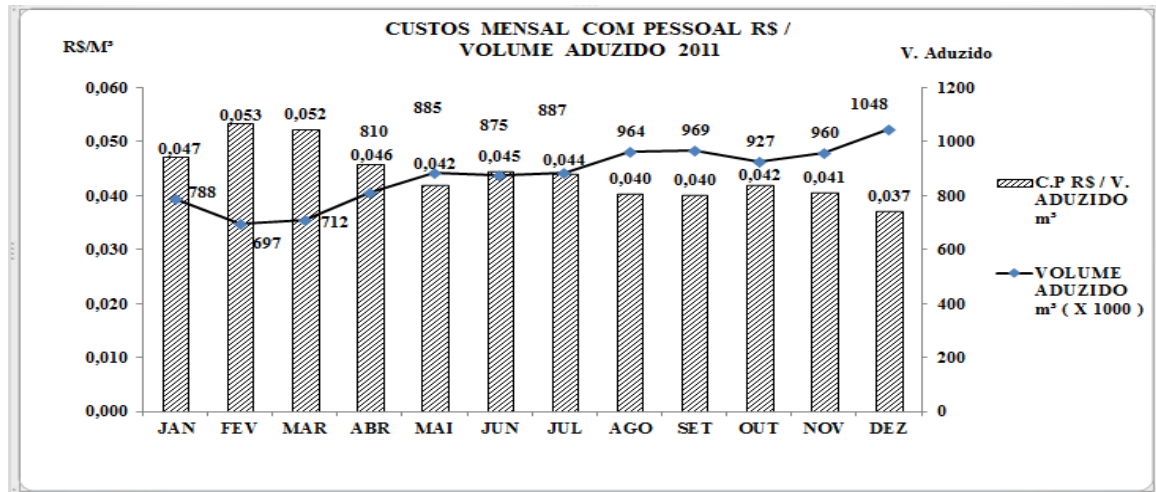
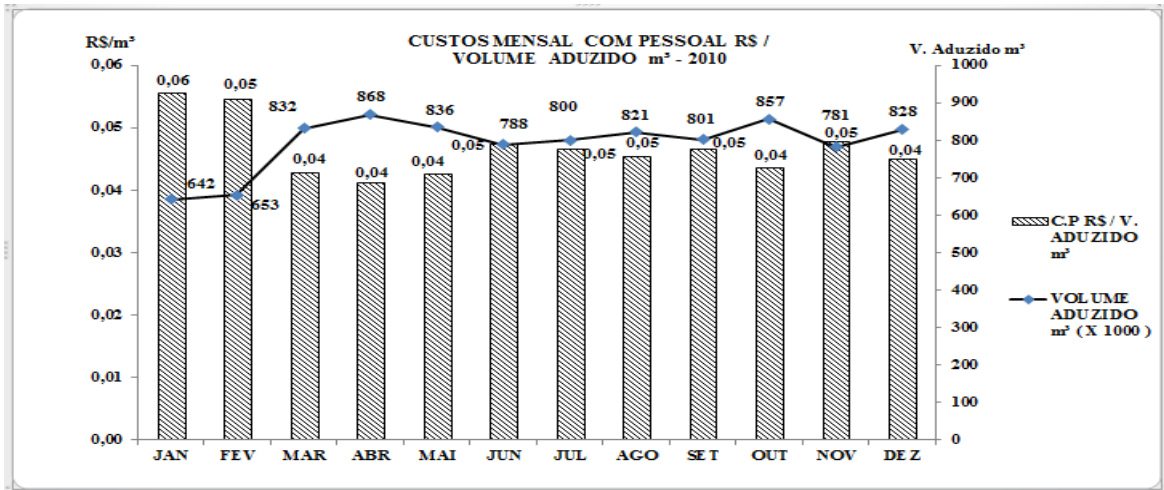
APÊNDICE E

RELAÇÃO DO QUOCIENTE DOS CUSTOS COM PESSOAL (R\$) POR UNIDADE DE VOLUME ADUZIDO (m³).

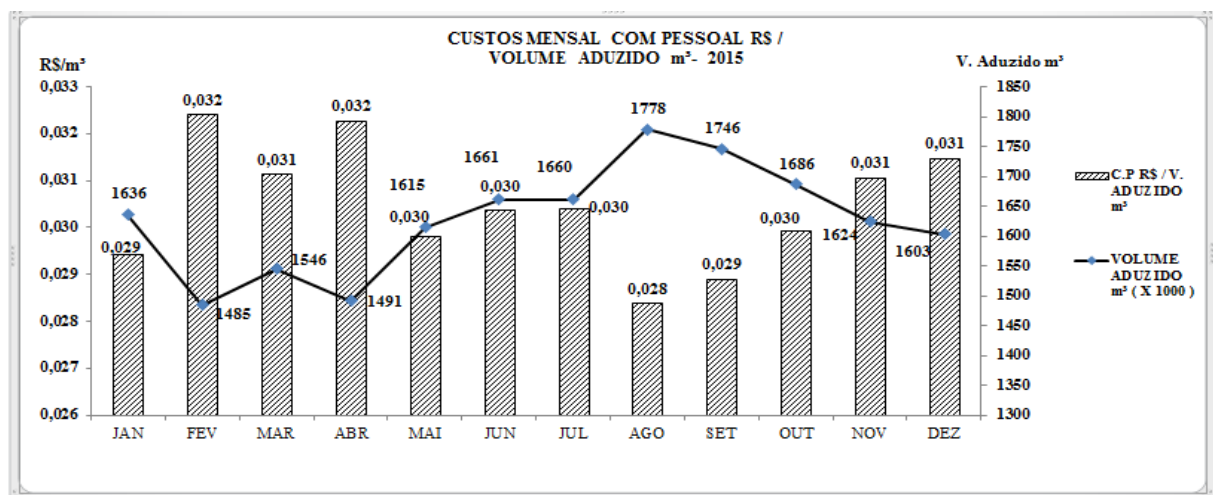
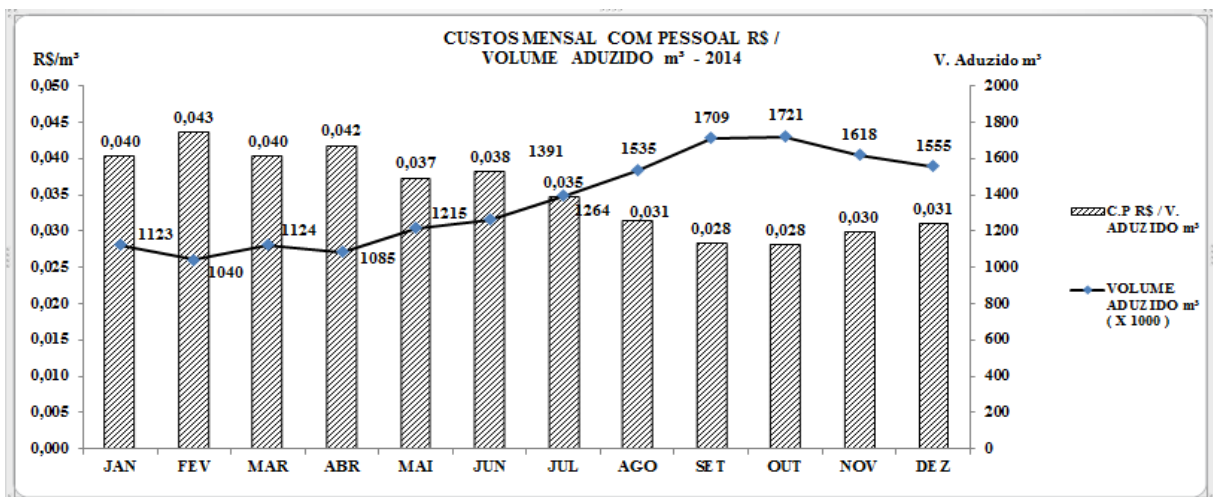
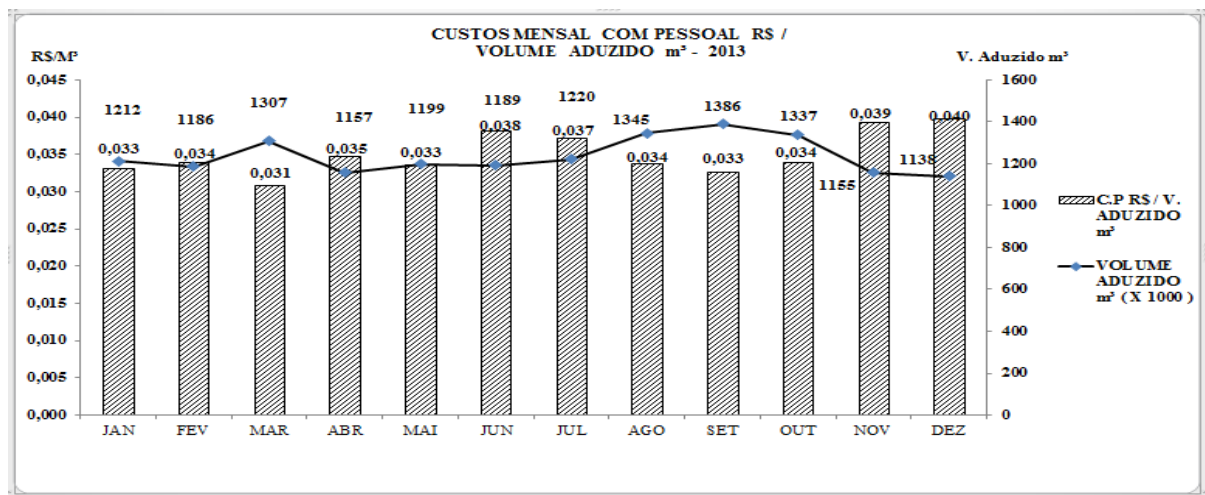
CORRELAÇÃO DE CUSTOS COM PESSOAL (R\$) PELO VOLUME ADUZIDO (M³)

MÊS	2010				2011				2012			
	CUSTOS PESSOAL (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	C.P R\$ / V. ADUZIDO m³	CUSTOS PESSOAL (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	C.P R\$ / V. ADUZIDO m³	CUSTOS PESSOAL (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	C.P R\$ / V. ADUZIDO m³
JAN	35620,00	642,141,81	642	0,06	37210,8	788,459,34	788	0,047	38953,2	1,012,743,48	1013	0,0385
FEV	35620,00	653,338,00	653	0,05	37210,8	697,369,00	697	0,053	38953,2	1,014,672,05	1015	0,0384
MAR	35620,00	832,058,00	832	0,04	37210,8	711,787,10	712	0,052	38953,2	1,168,887,87	1169	0,033
ABR	35620,00	867,820,29	868	0,04	37210,8	810,231,00	810	0,046	38953,2	1,171,638,12	1172	0,033
MAI	35620,00	836,097,00	836	0,04	37210,8	885,136,00	885	0,042	38953,2	1,237,727,49	1238	0,031
JUN	37210,80	787,876,92	788	0,05	38953,2	874,579,00	875	0,045	40114,8	1,228,298,37	1228	0,033
JUL	37210,80	799,761,00	800	0,05	38953,2	886,917,00	887	0,044	40114,8	1,227,827,04	1228	0,033
AGO	37210,80	821,458,00	821	0,05	38953,2	964,058,06	964	0,040	40114,8	1,312,668,76	1313	0,031
SET	37210,80	801,058,84	801	0,05	38953,2	969,273,70	969	0,040	40114,8	1,330,246,65	1330	0,030
OUT	37210,80	856,805,09	857	0,04	38953,2	927,303,48	927	0,042	40114,8	1,313,062,92	1313	0,031
NOV	37210,80	780,958,37	781	0,05	38953,2	959,553,34	960	0,041	40114,8	1,205,314,00	1205	0,033
DEZ	37210,80	828,023,01	828	0,04	38953,2	1,047,963,99	1048	0,037	40114,8	1,253,181,20	1253	0,032
MÊS	2013				2014				2015			
	CUSTOS PESSOAL (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	C.P R\$ / V. ADUZIDO m³	CUSTOS PESSOAL (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	C.P R\$ / V. ADUZIDO m³	CUSTOS PESSOAL (R\$)	VOLUME ADUZIDO (m³)	VOLUME ADUZIDO m³ (X 1000)	C.P R\$ / V. ADUZIDO m³
JAN	40114,8	1,212,252,39	1212	0,033	45196,8	1,123,033,00	1123	0,040	48100,8	1,635,837,00	1636	0,029
FEV	40114,8	1,185,825,90	1186	0,034	45196,8	1,040,193,00	1040	0,043	48100,8	1,485,169,00	1485	0,032
MAR	40114,8	1,306,642,55	1307	0,031	45196,8	1,124,207,00	1124	0,040	48100,8	1,545,538,00	1546	0,031
ABR	40114,8	1,156,685,76	1157	0,035	45196,8	1,085,095,00	1085	0,042	48100,8	1,491,217,00	1491	0,032
MAI	40114,8	1,198,827,34	1199	0,033	45196,8	1,215,450,00	1215	0,037	48100,8	1,615,251,00	1615	0,030
JUN	45196,8	1,189,359,98	1189	0,038	48100,8	1,263,983,00	1264	0,038	50424	1,661,338,00	1661	0,030
JUL	45196,8	1,219,697,89	1220	0,037	48100,8	1,391,085,00	1391	0,035	50424	1,660,226,00	1660	0,030
AGO	45196,8	1,345,277,00	1345	0,034	48100,8	1,535,208,00	1535	0,031	50424	1,778,167,00	1778	0,028
SET	45196,8	1,386,233,00	1386	0,033	48100,8	1,709,206,00	1709	0,028	50424	1,745,870,00	1746	0,029
OUT	45196,8	1,337,473,00	1337	0,034	48100,8	1,721,471,00	1721	0,028	50424	1,685,908,00	1686	0,030
NOV	45196,8	1,154,739,00	1155	0,039	48100,8	1,617,897,00	1618	0,030	50424	1,624,124,00	1624	0,031
DEZ	45196,8	1,138,462,00	1138	0,040	48100,8	1,555,300,00	1555	0,031	50424	1,603,212,00	1603	0,031

Fonte: O autor (2016)



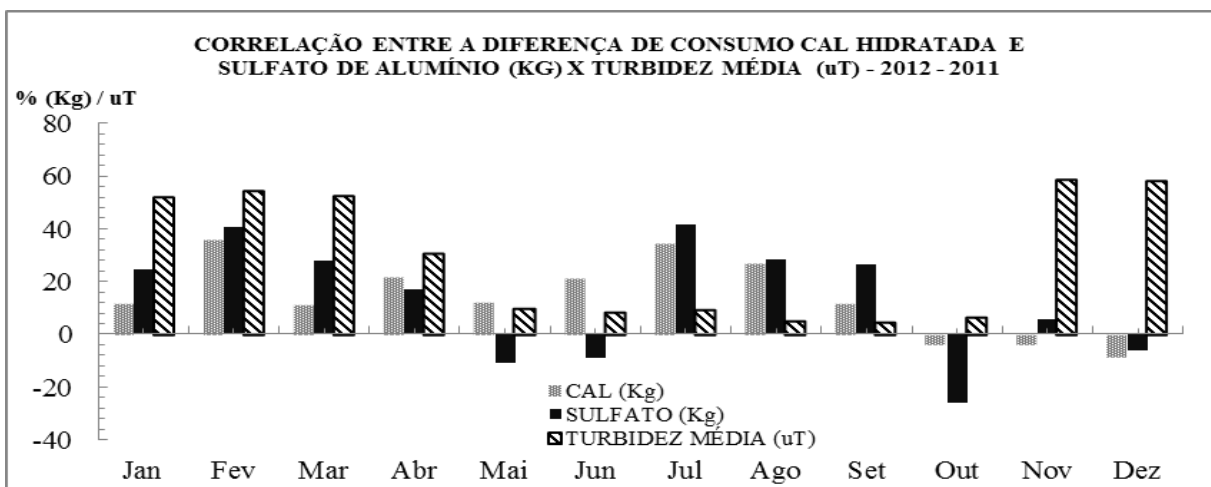
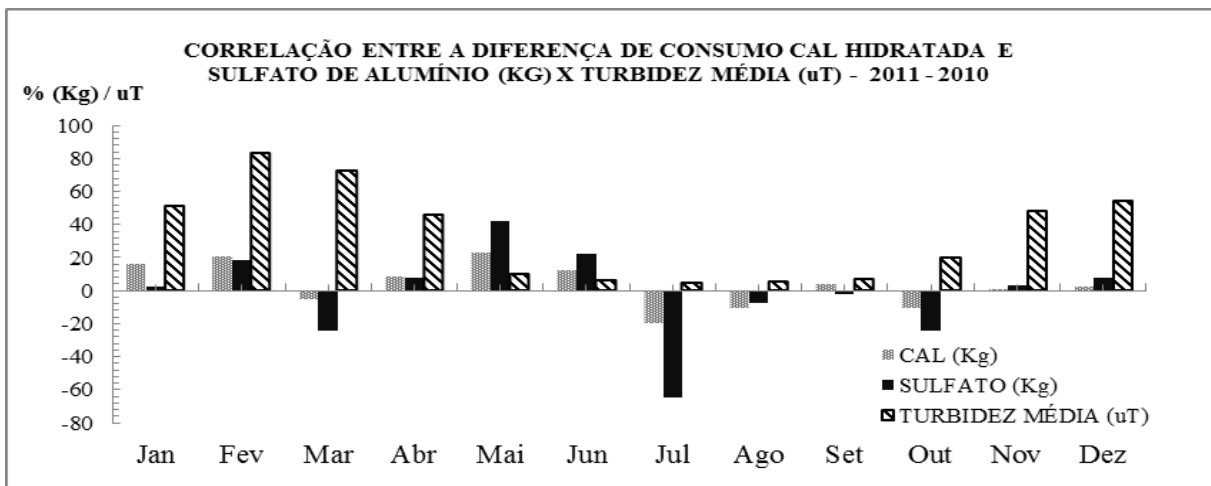
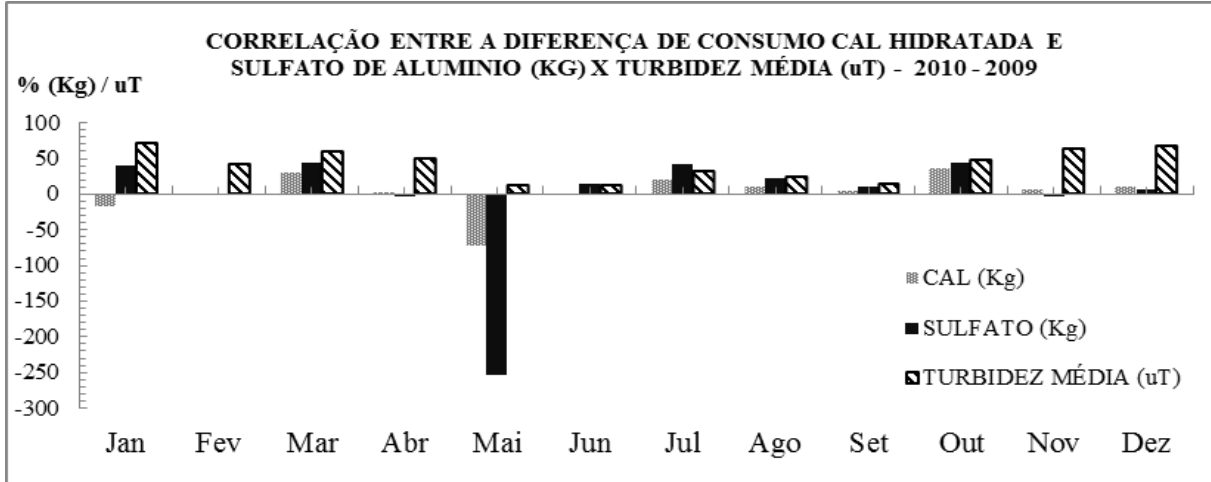
Fonte: O autor (2016)



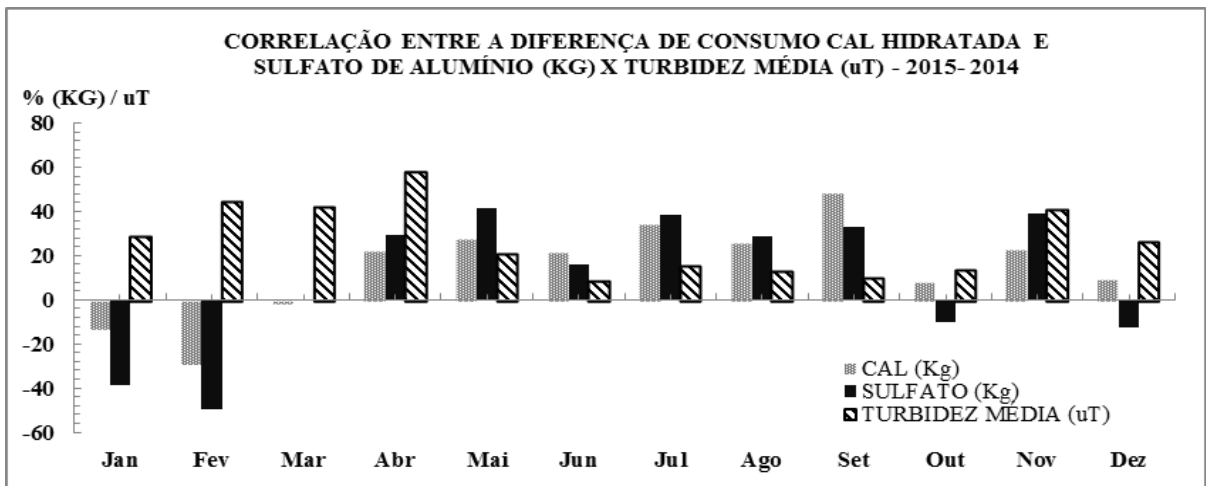
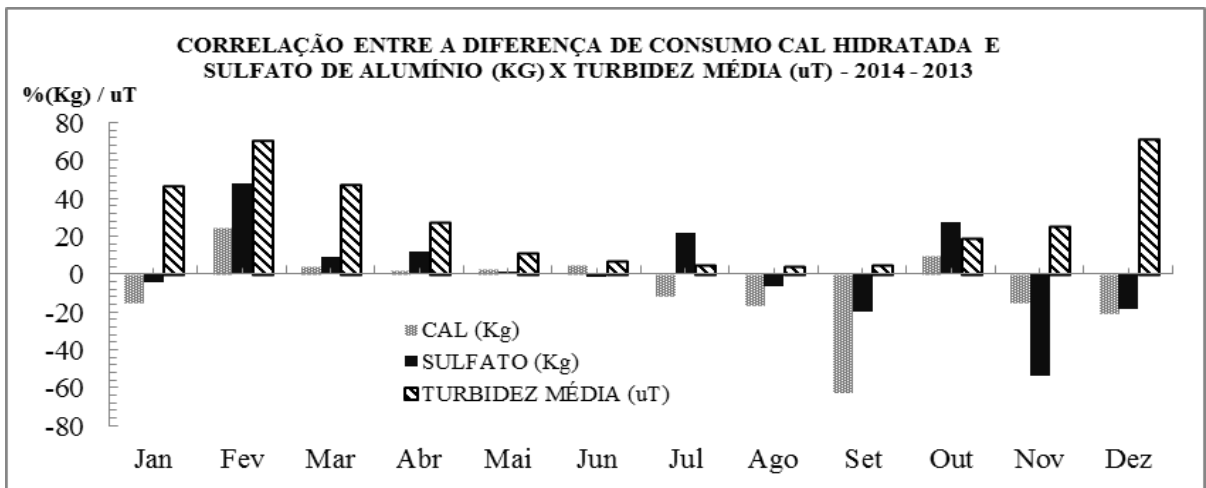
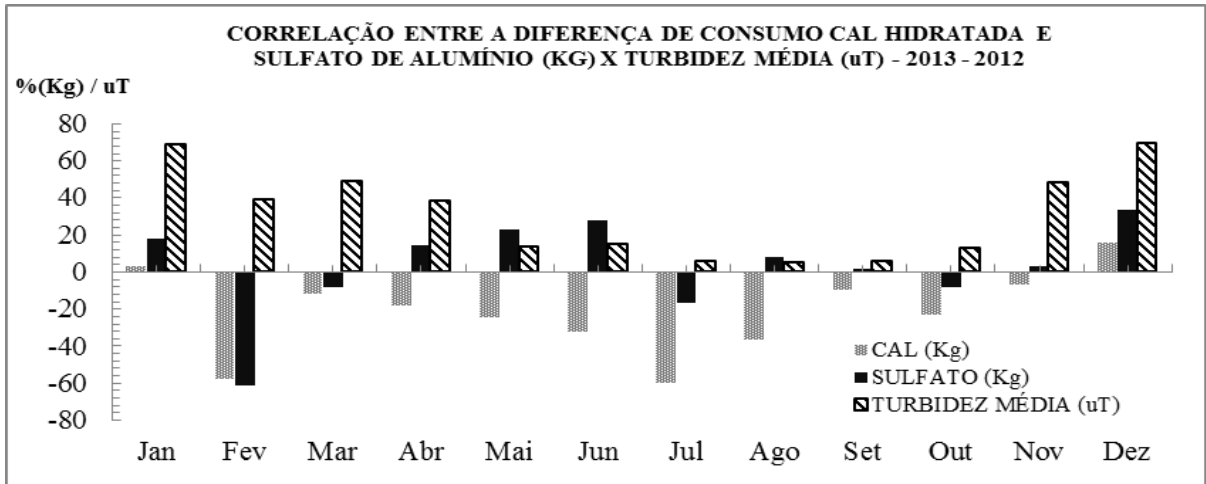
Fonte: O autor (2016)

APÊNDICE F

COMPARATIVO DE PERCENTUAL DO DESEMPENHO DA TURBIDEZ NO PROCESSO OPERACIONAL - CONSUMO DE CAL HIDRATADA E SULFATO DE ALUMÍNIO (KG) (2009 A 2015)

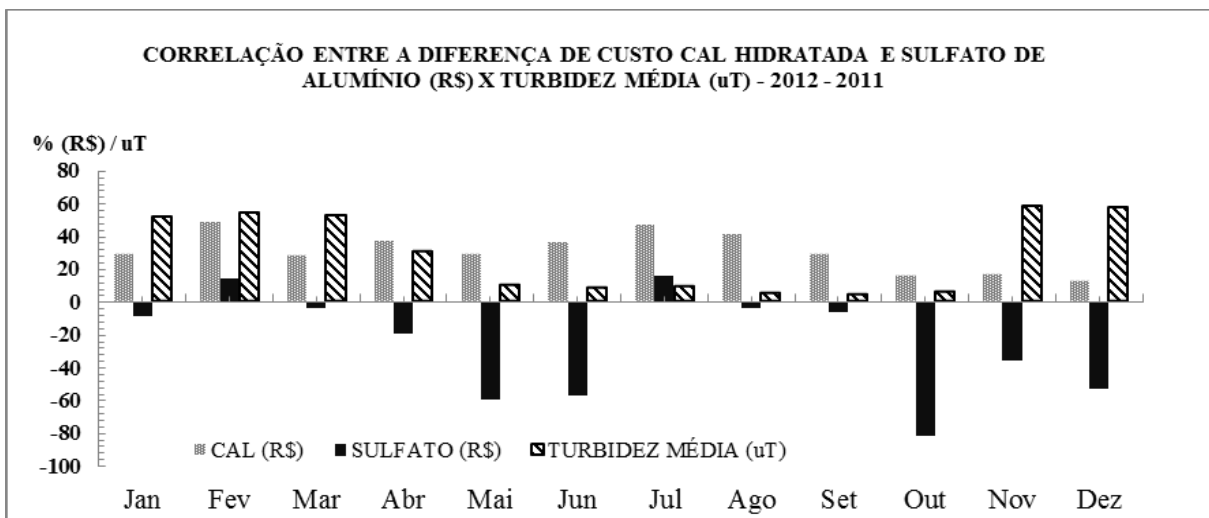
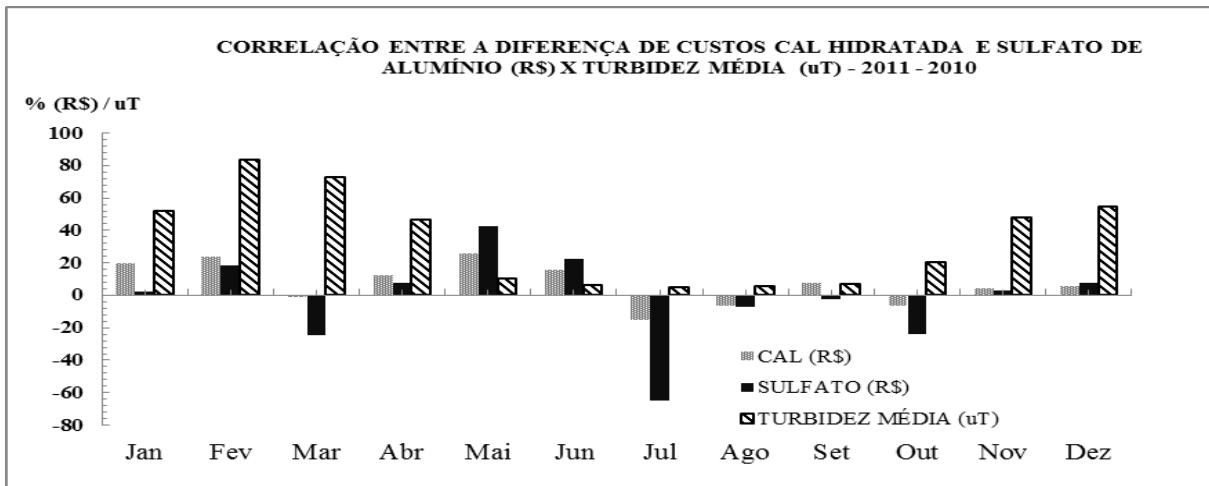
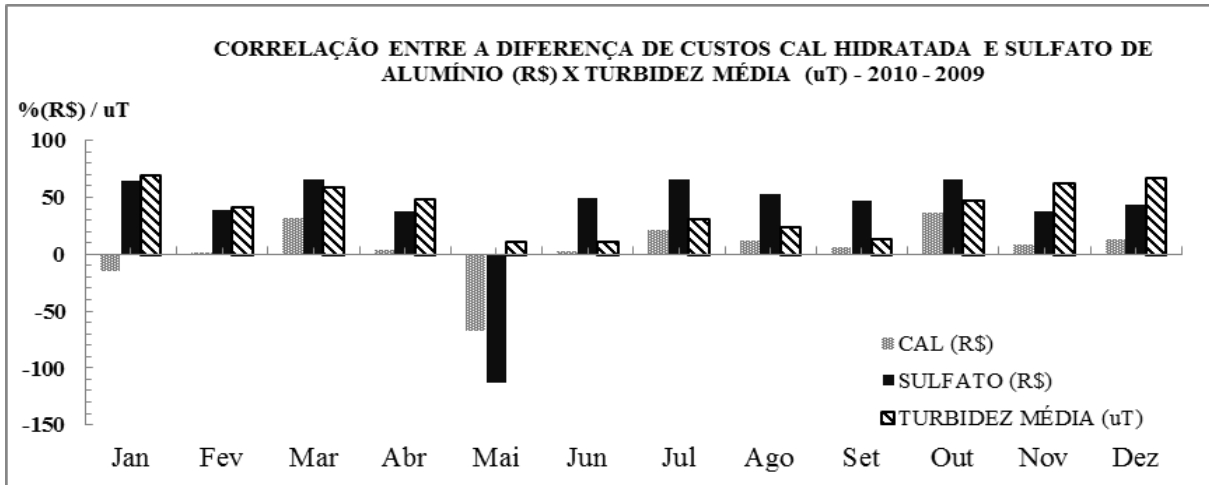


Fonte: O autor (2016)

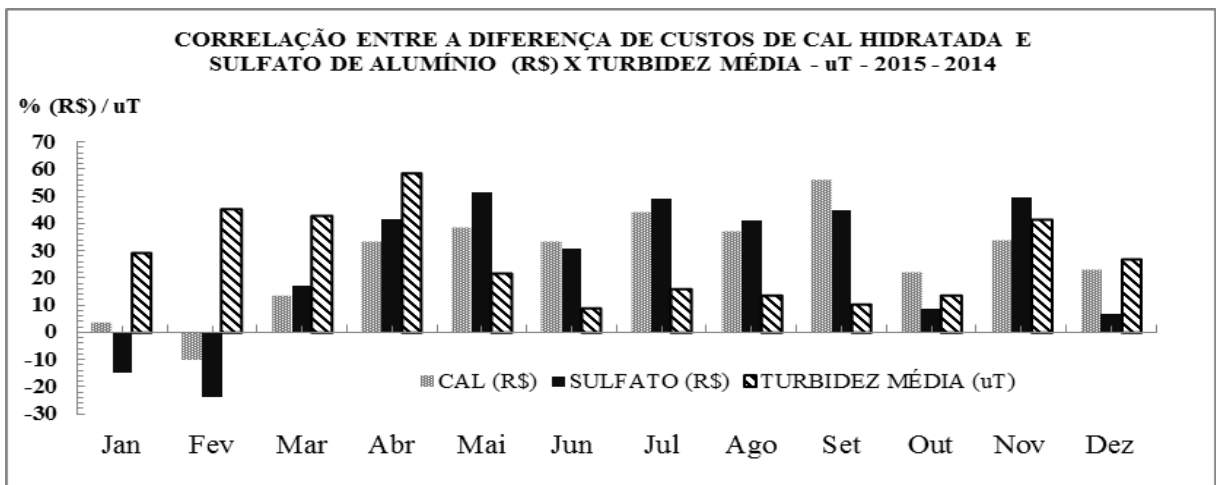
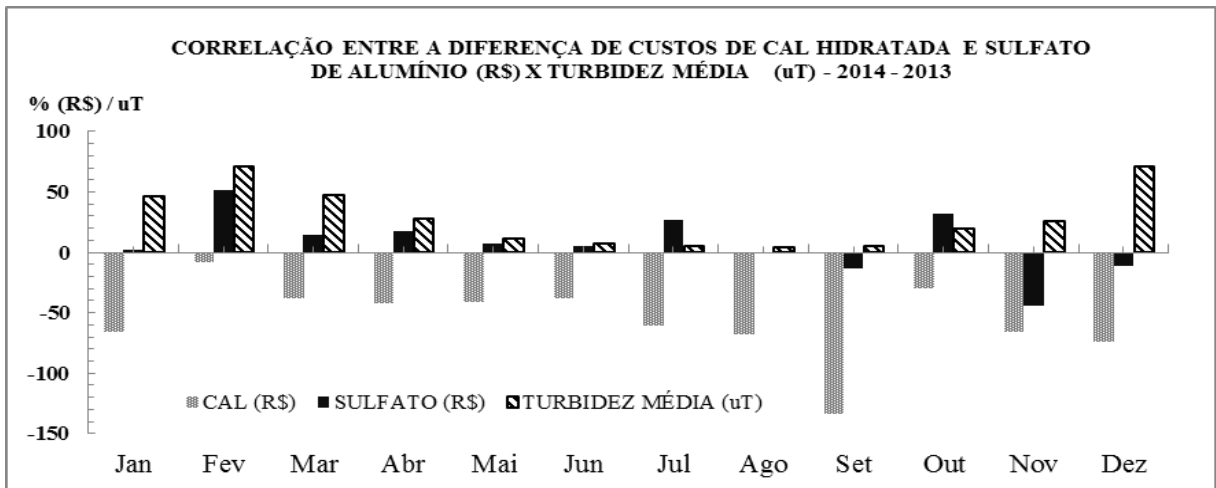
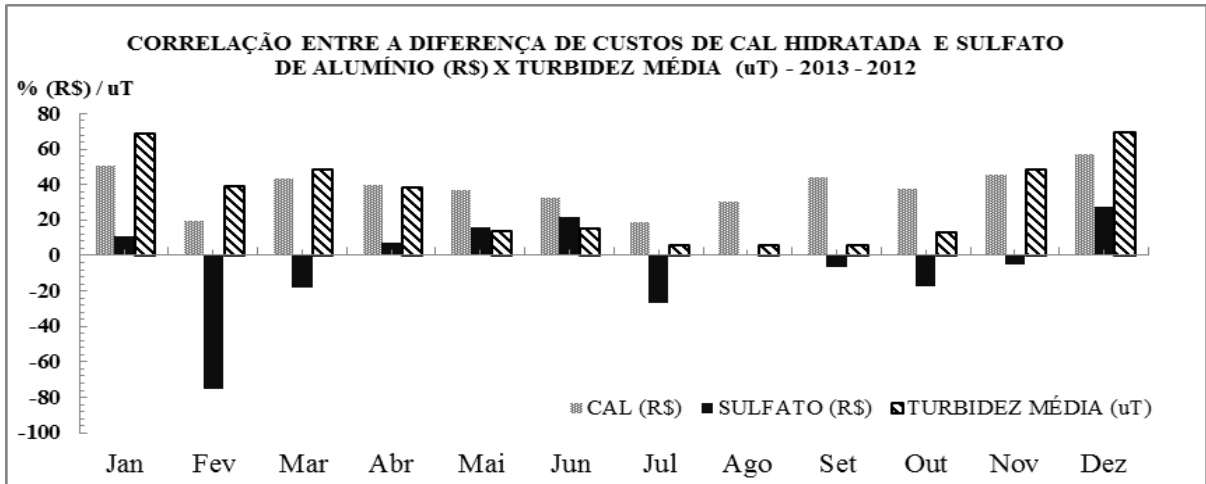


Fonte: O autor (2016)

CUSTOS DE CAL HIDRATADA E SULFATO DE ALUMÍNIO (R\$)

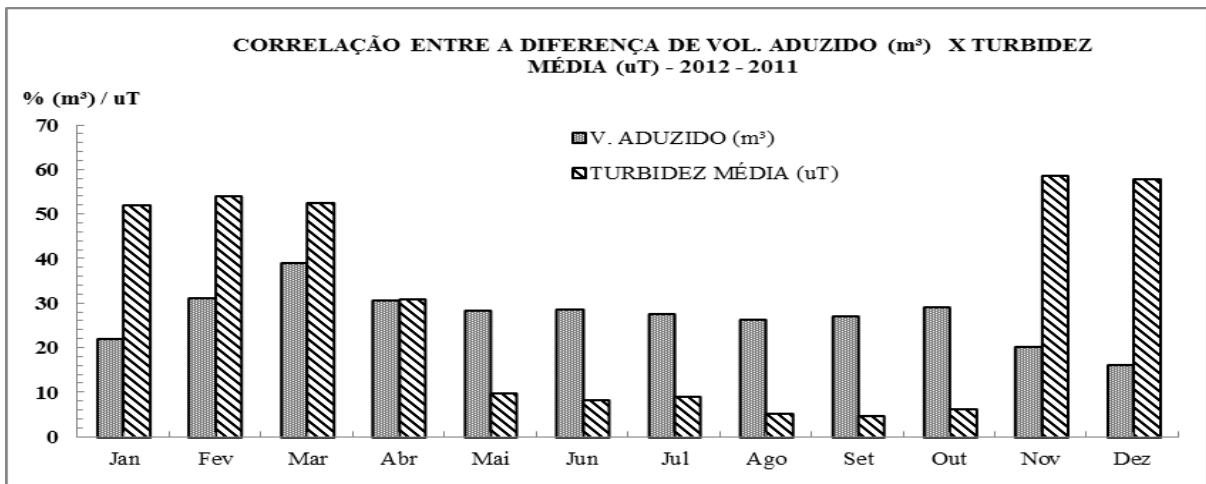
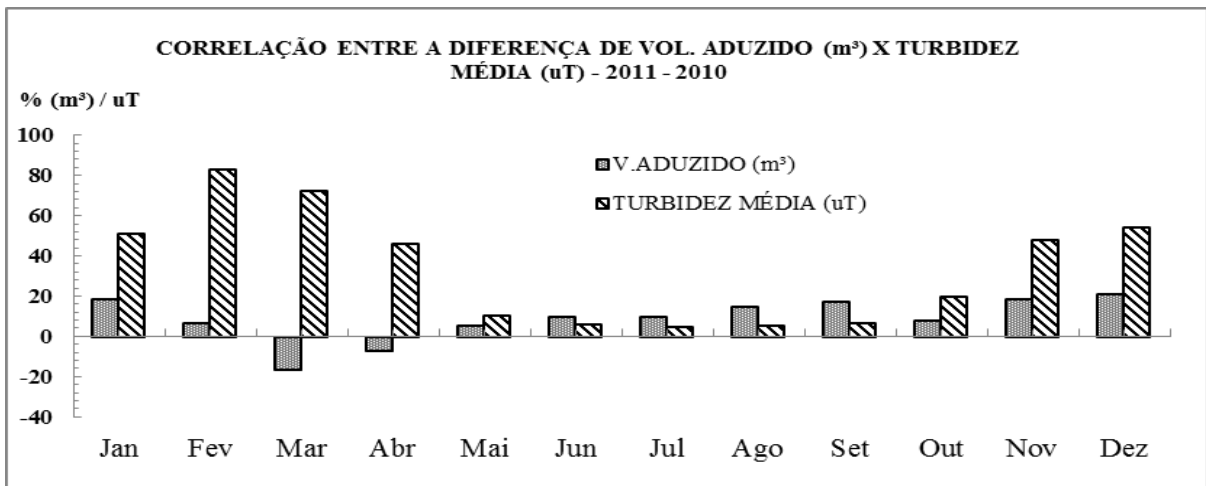
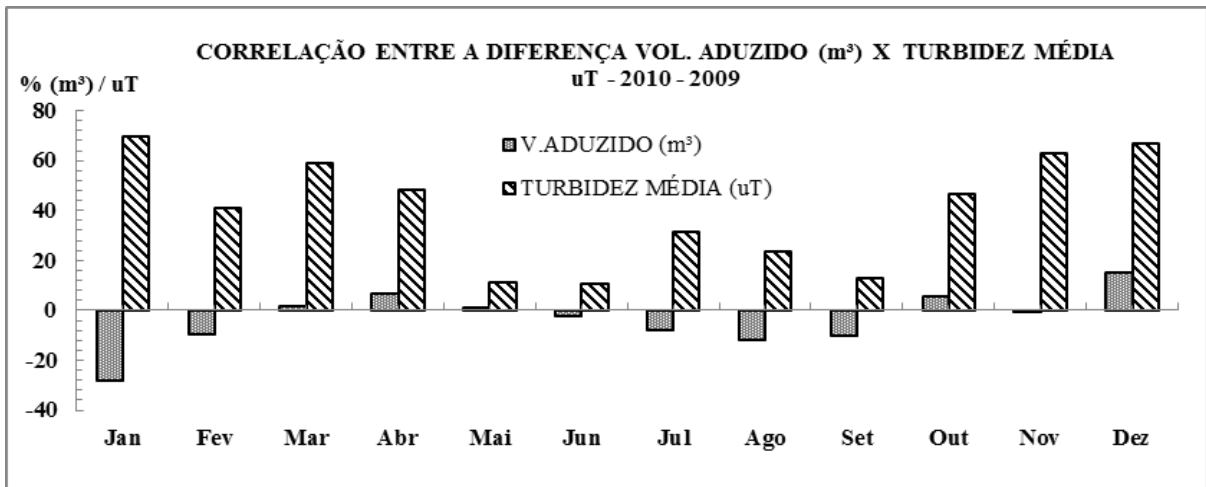


Fonte: O autor (2016)

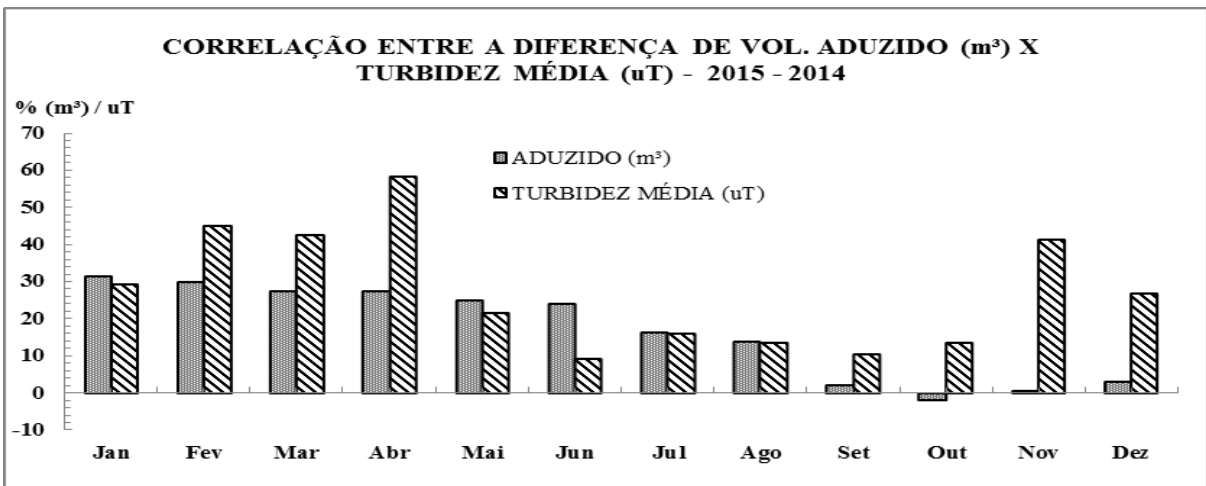
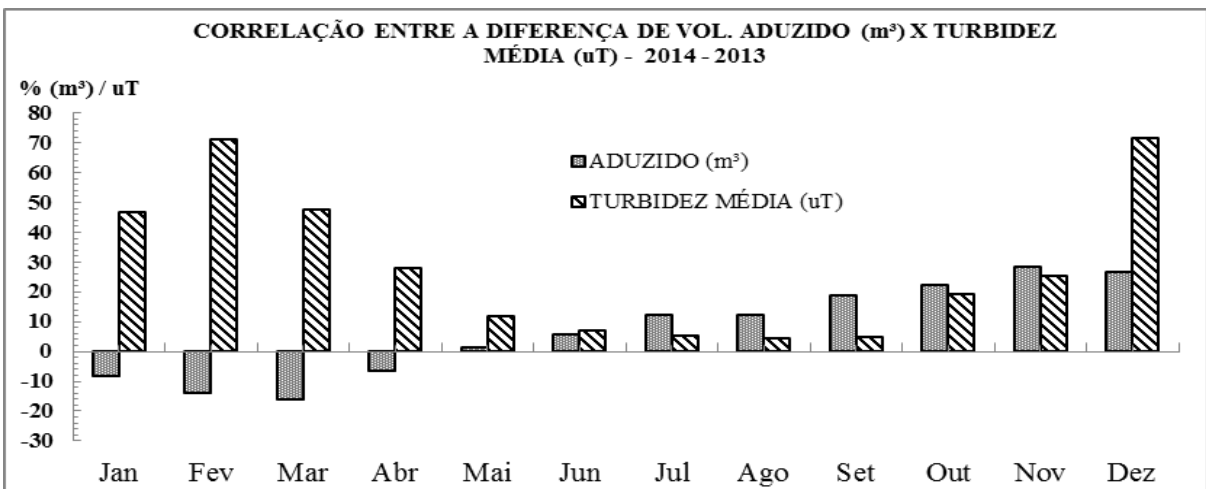
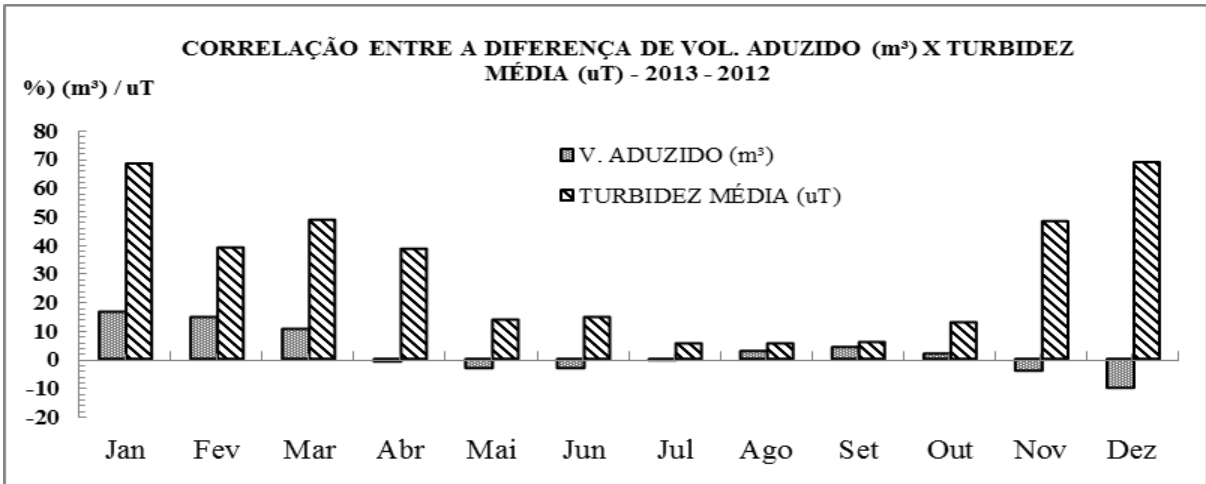


Fonte: o autor (2016)

VOLUME ADUZIDO (m³).

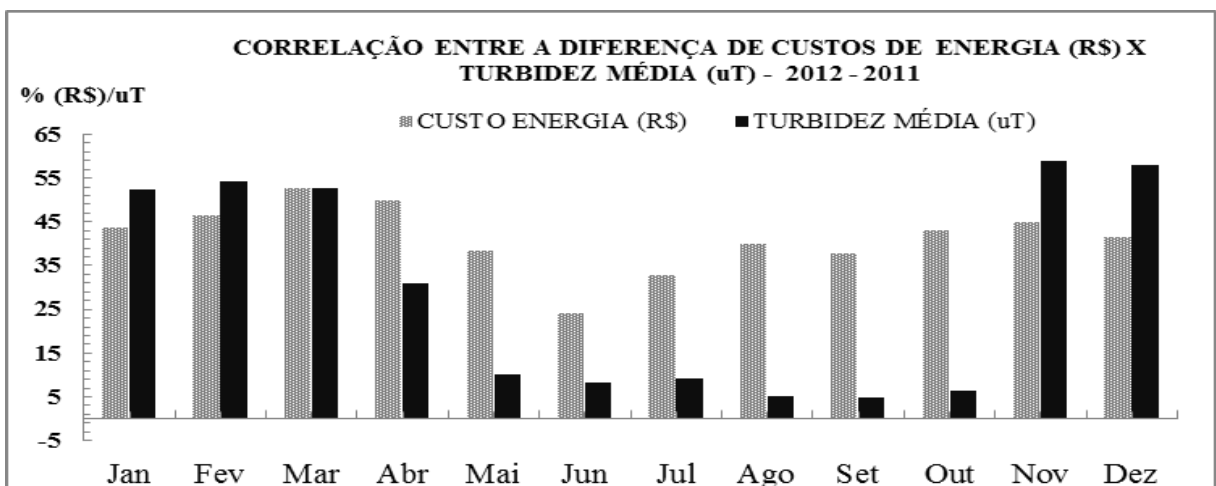
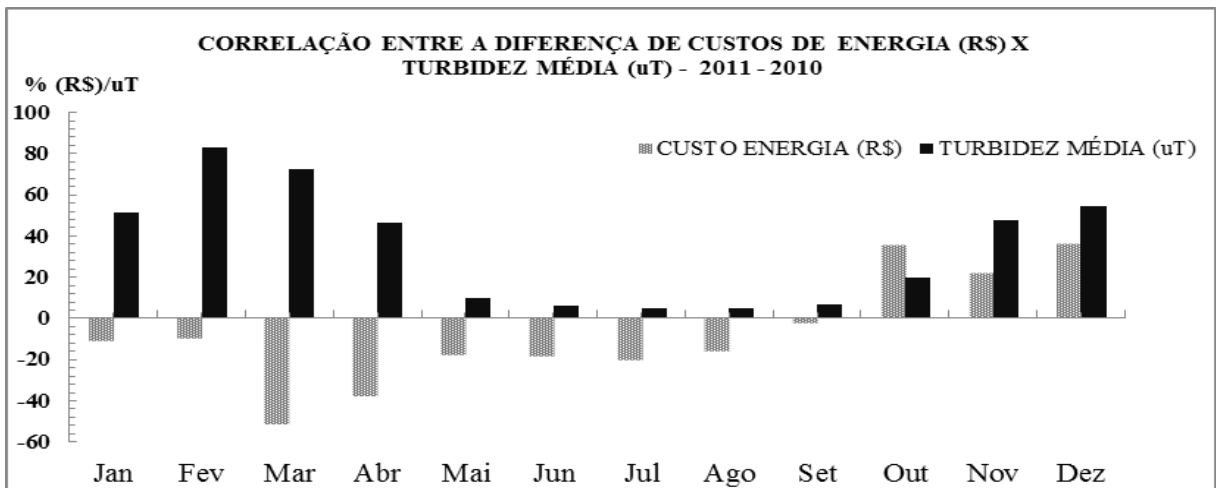
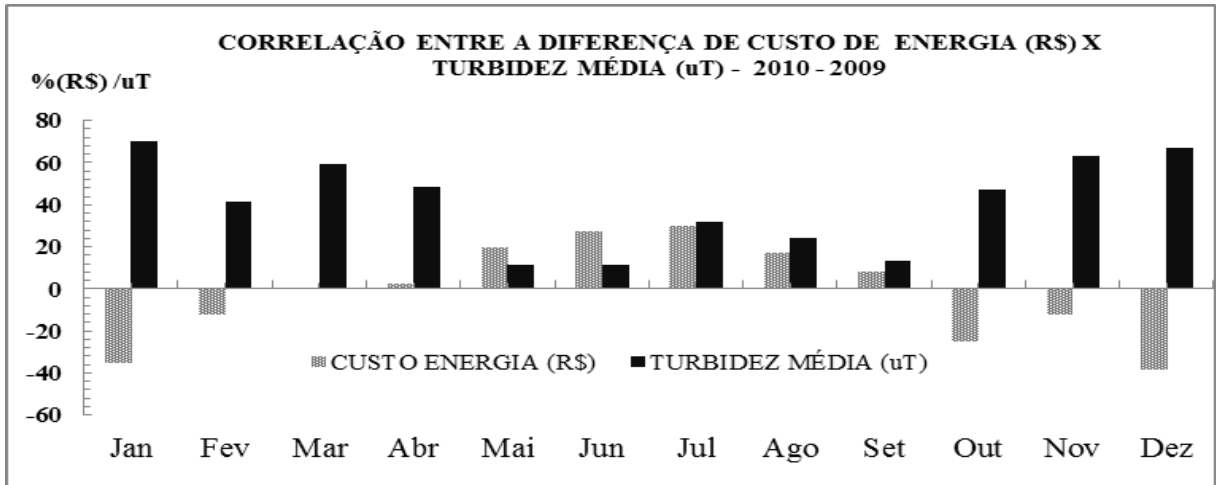


Fonte: O autor (2016)

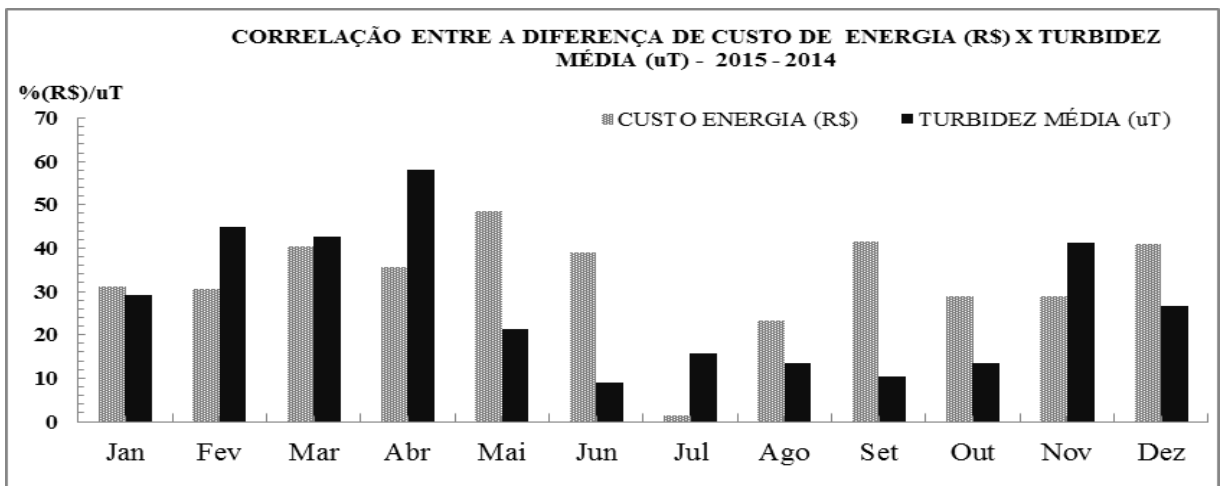
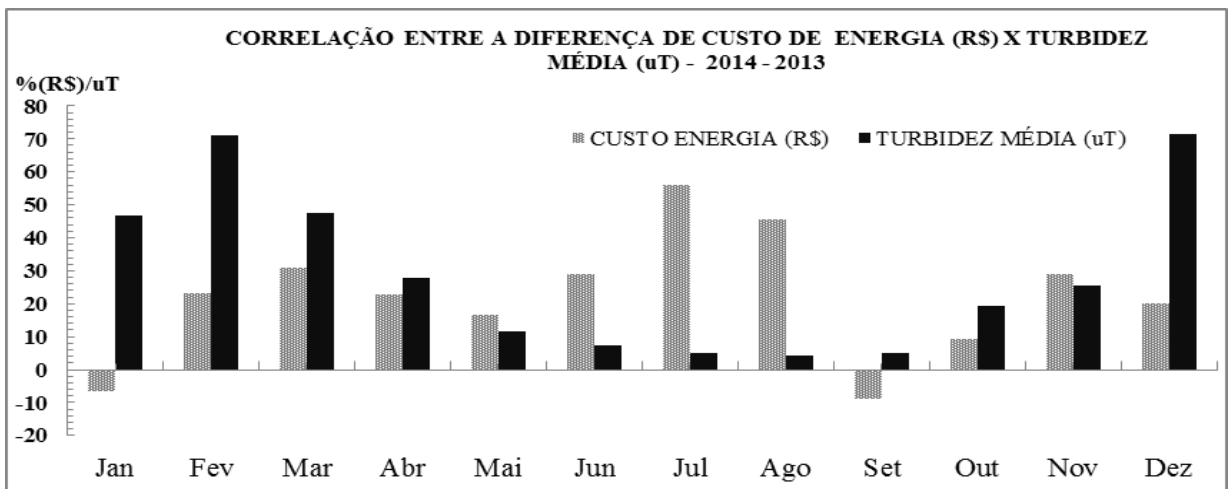
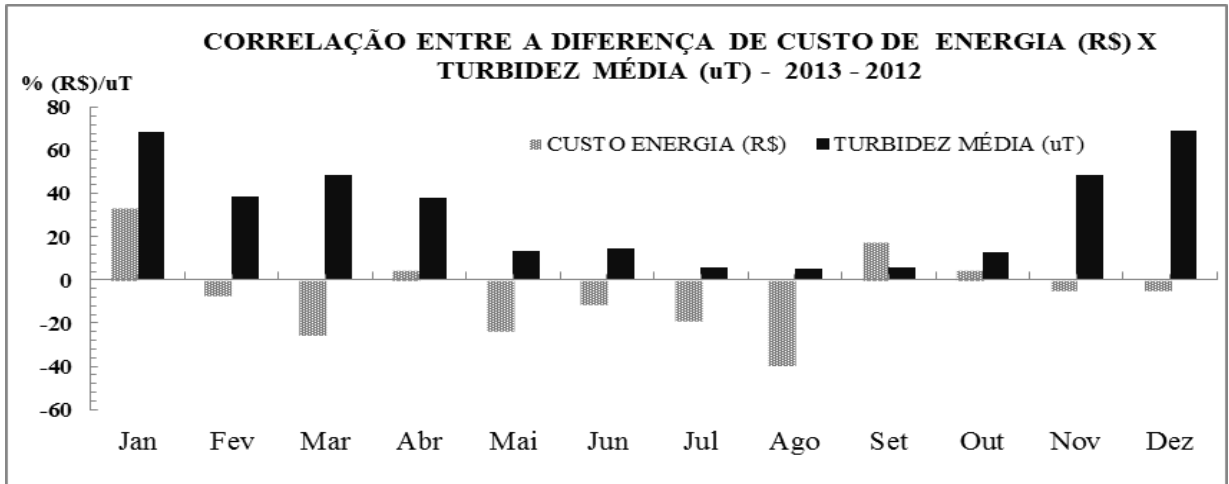


Fonte: O autor (2016)

CUSTOS DE ENERGIA (R\$)

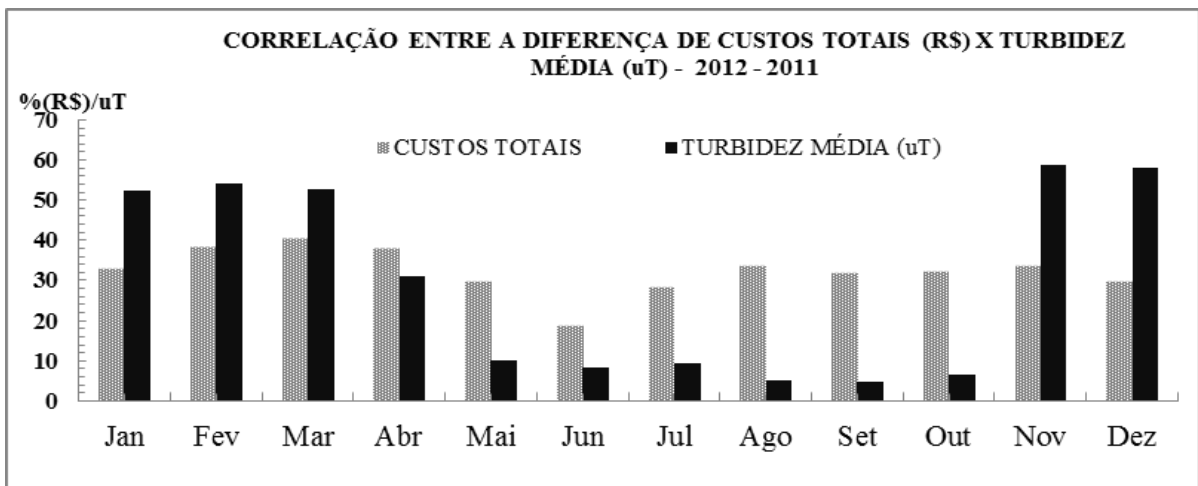
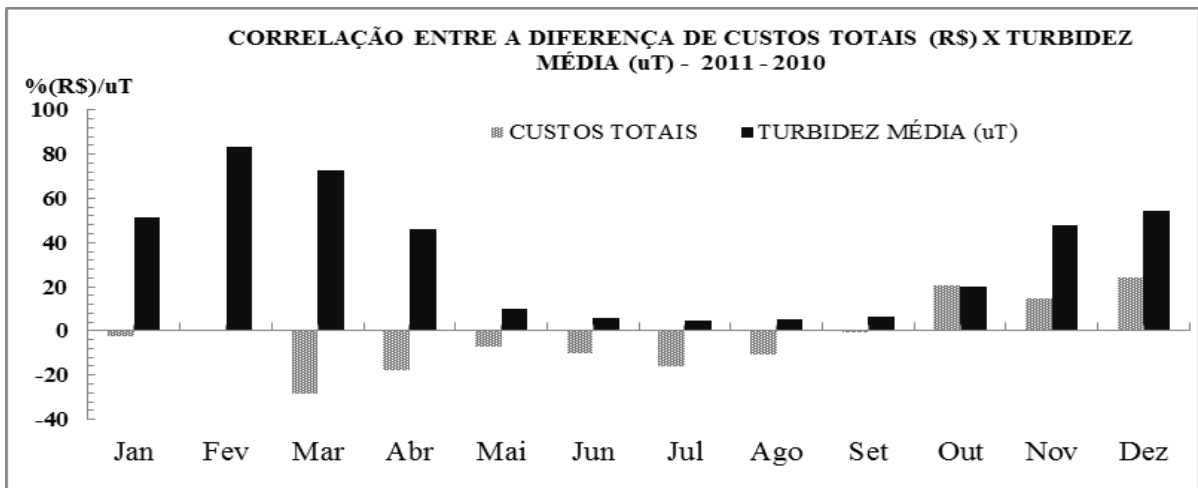
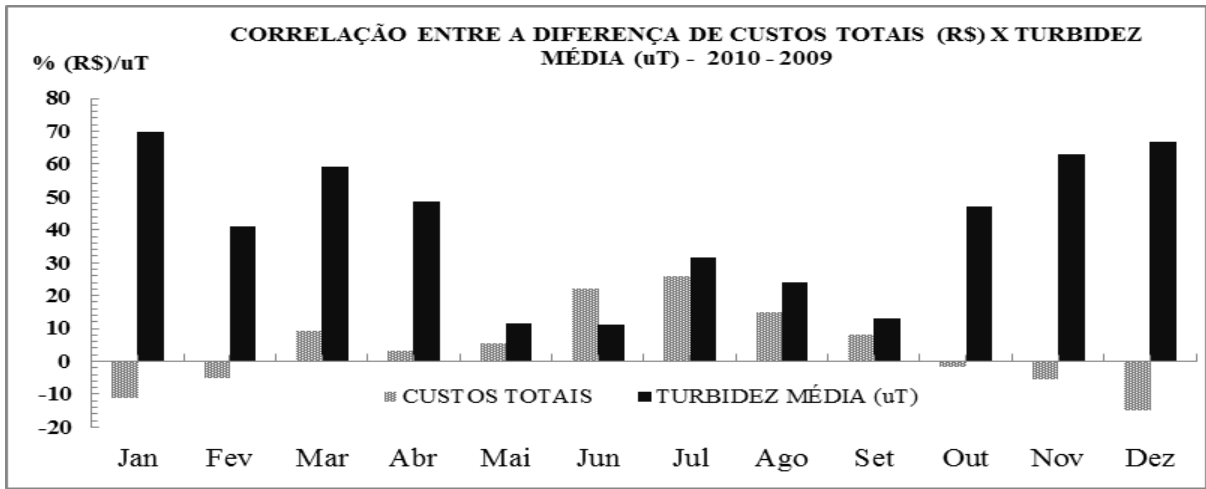


Fonte: O autor (2016)

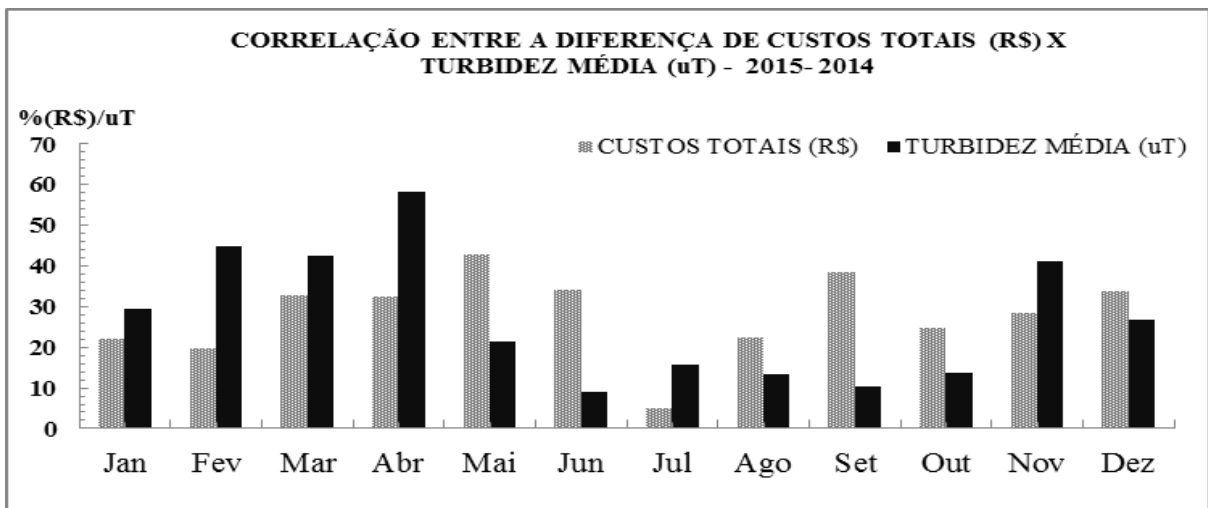
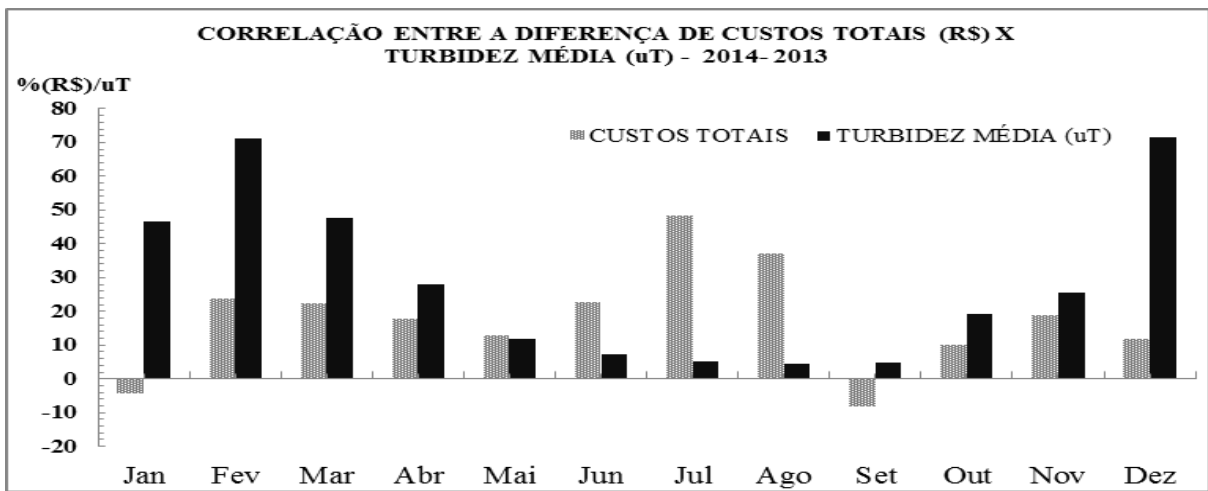
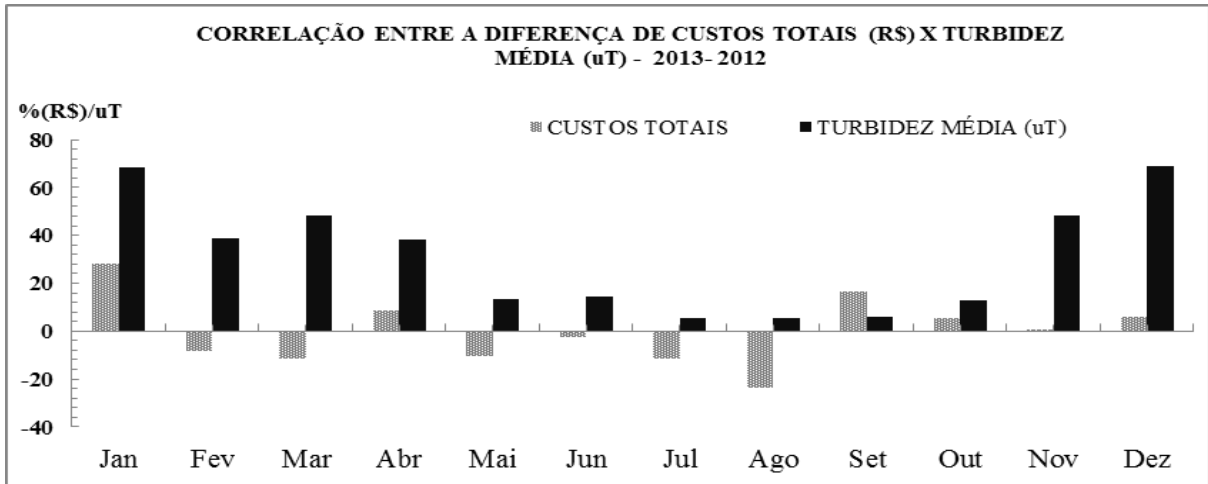


Fonte: O autor (2016)

Custos totais (R\$) em relação a turbidez média (uT)



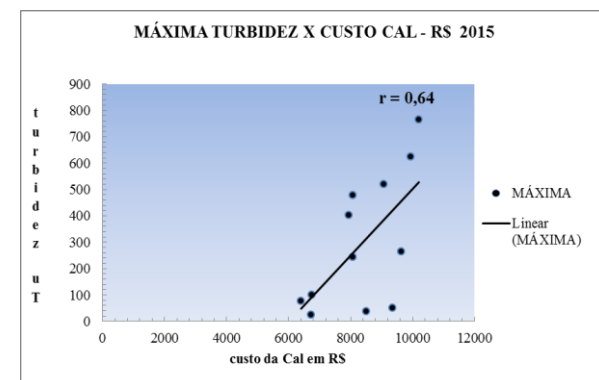
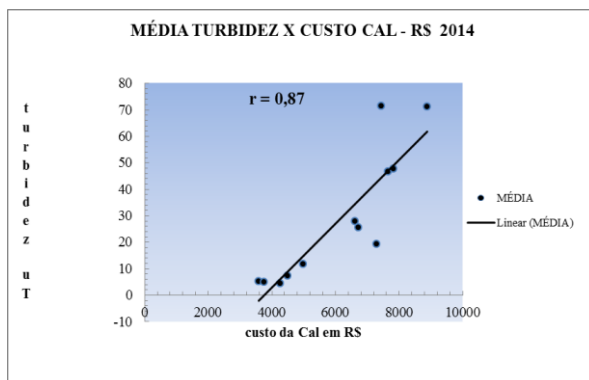
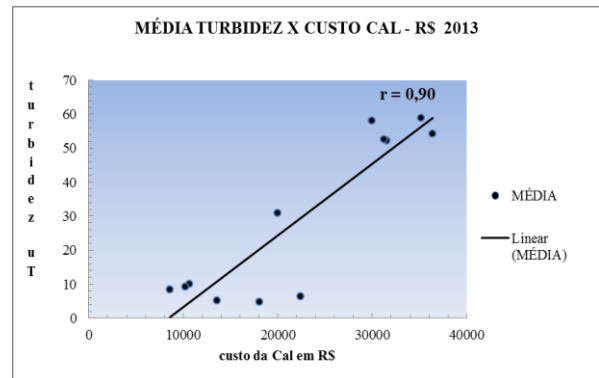
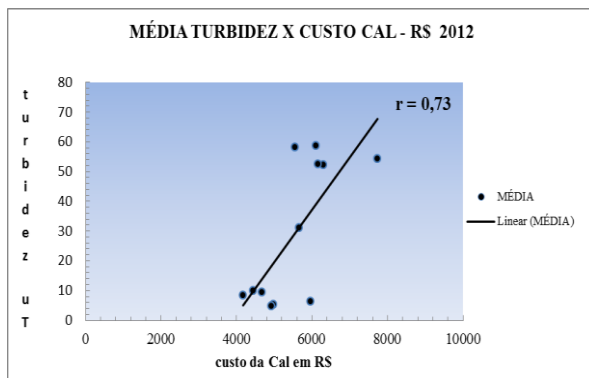
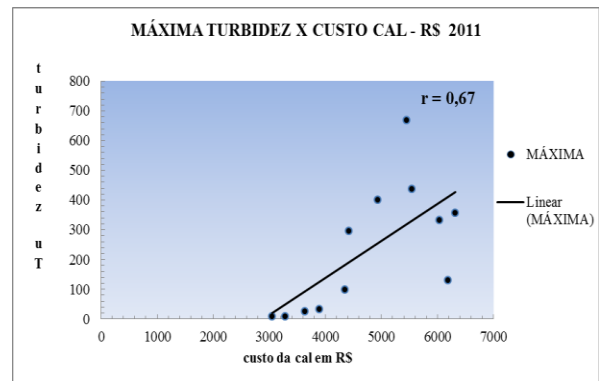
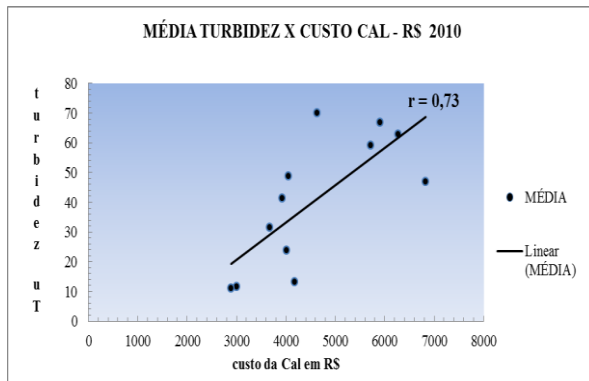
Fonte: O autor (2016)



Fonte: O autor (2016)

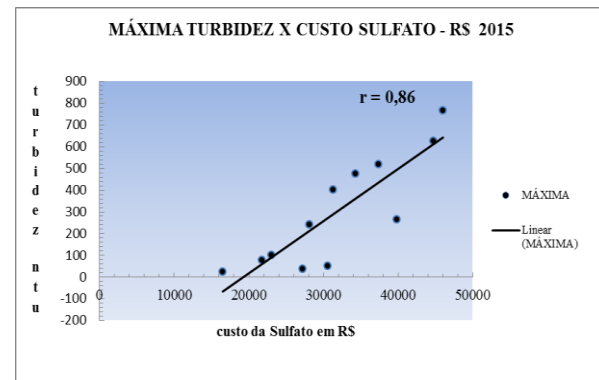
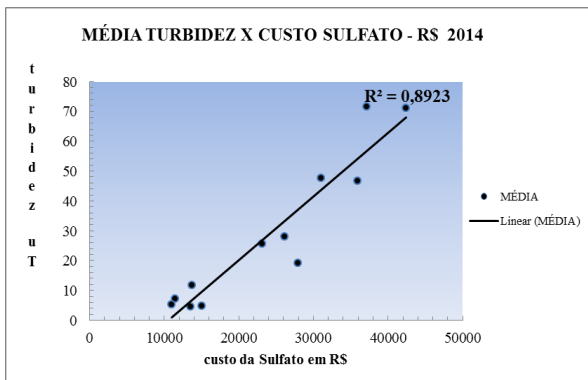
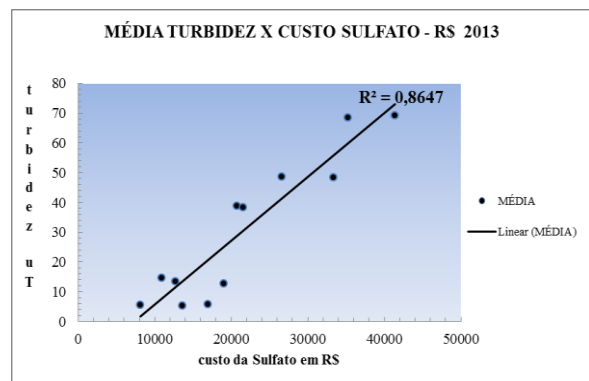
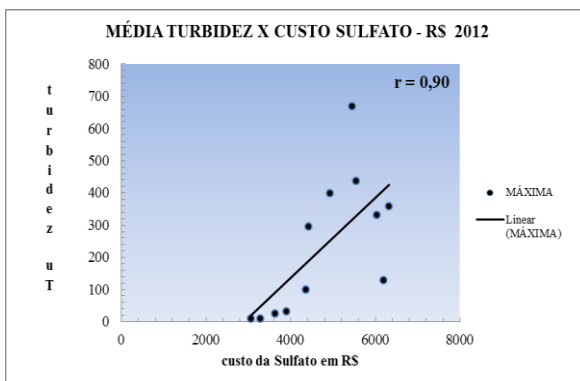
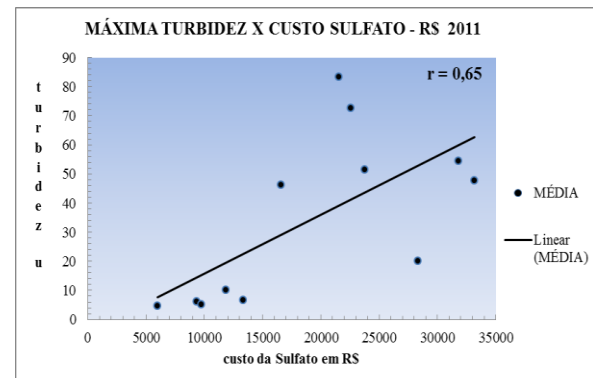
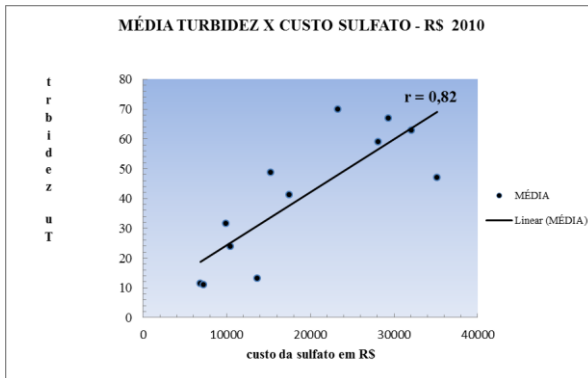
APENDICE G

GRÁFICOS DISPERSÃO DOS CUSTOS COM CAL, IDENTIFICANDO A INFLUÊNCIA DA TURBIDEZ, MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA PARA OS CUSTOS NO PROCESSO OPERACIONAL, PELA CORRELAÇÃO DE PEARSON.



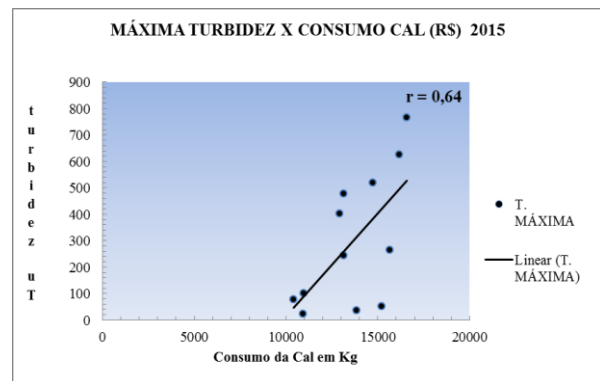
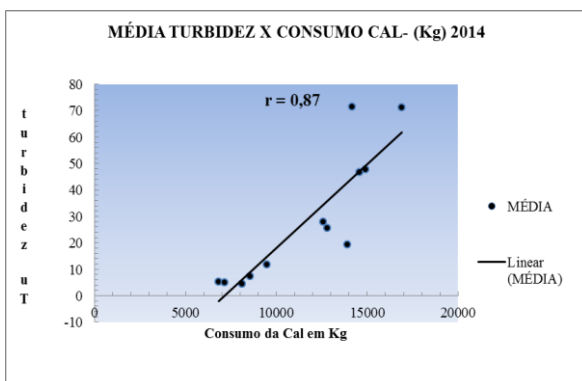
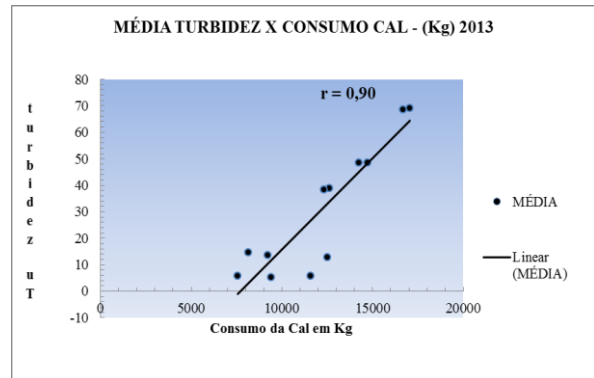
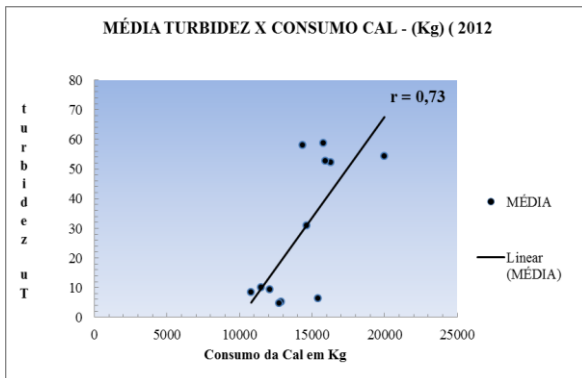
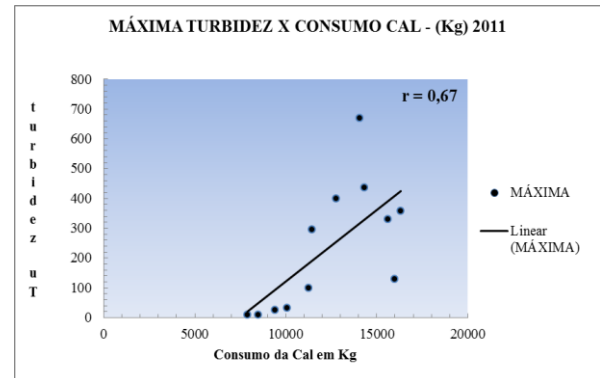
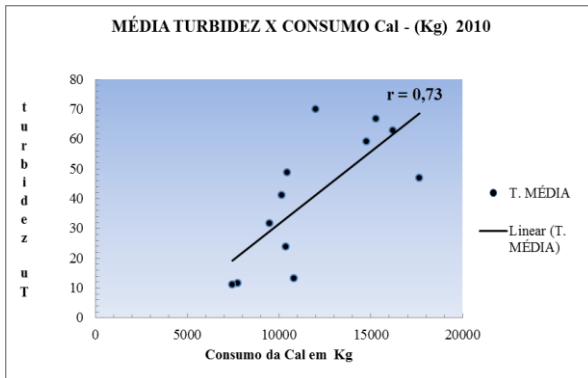
Fonte: O autor (2016)

GRÁFICOS DISPERSÃO DOS CUSTOS DE SULFATO, IDENTIFICANDO A INFLUÊNCIA DA TURBIDEZ, MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA PARA OS CUSTOS NO PROCESSO, PELA CORRELAÇÃO DE PEARSON.



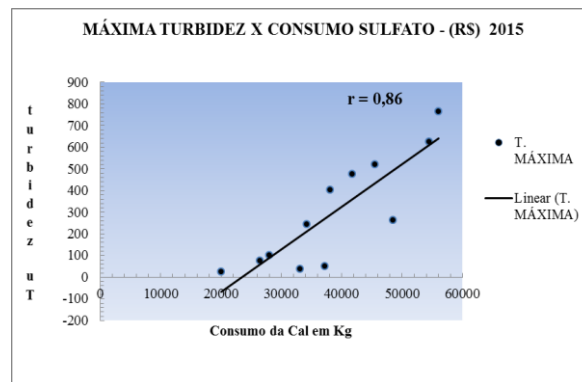
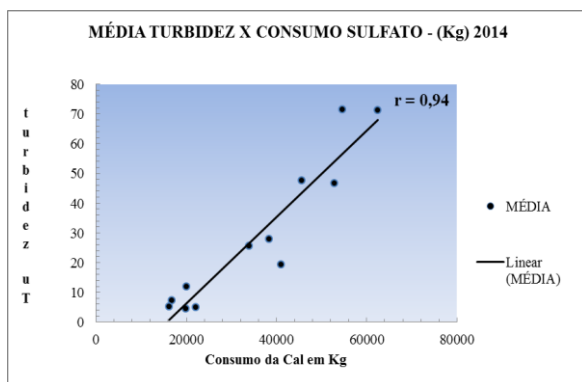
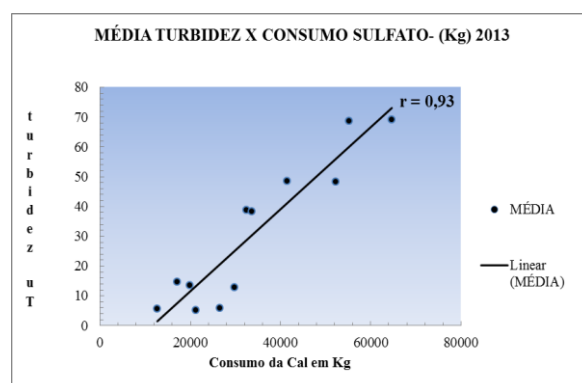
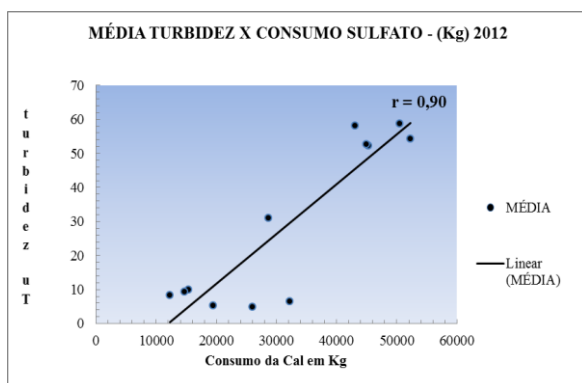
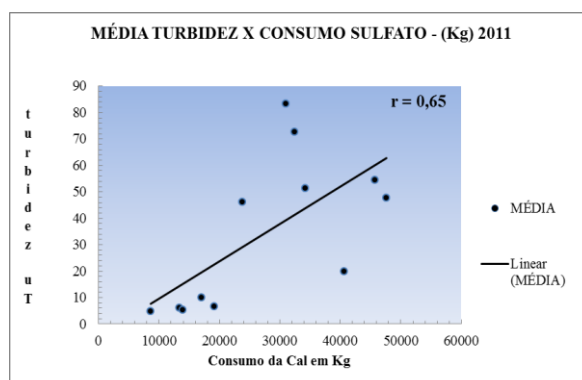
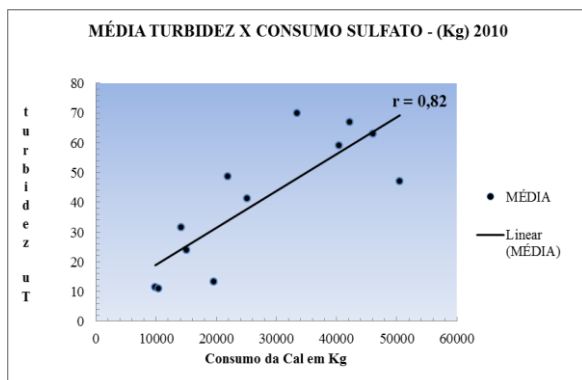
Fonte: O autor (2016)

GRÁFICOS DISPERSÃO DOS CONSUMOS DE CAL HIDRATADA (Kg), IDENTIFICANDO A INFLUÊNCIA DA TURBIDEZ, MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA NO PROCESSO OPERACIONAL PELA CORRELAÇÃO DE PEARSON



Fonte: O autor (2016)

GRÁFICOS DISPERSÃO DOS CONSUMOS DE SULFATO DE ALUMÍNIO (Kg), IDENTIFICANDO A INFLUENCIA DA TURBIDEZ MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA NO PROCESSO OPERACIONAL PELA CORRELAÇÃO DE PEARSON.



Fonte: O autor (2016)

APÊNDICE H

COMPONENTES CUSTOS COM CAL HIDRATADA E SULFATO DE ALUMÍNIO (R\$) – CÁLCULO ANOVA

MÊS	CUSTOS CAL HIDRATADA (R\$)						CUSTOS COM SULFATO DE ALUMÍNIO (R\$)					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015
JAN	4636,26	5541,84	6300,36	12692,00	7654,50	12930,00	23288,86	23783,71	31542,02	55152,00	35952,28	38046,00
FEV	3924,18	4938,12	7737,68	9606,40	8883,00	13130,00	17515,54	21547,46	36410,54	32447,00	42461,24	41746,00
MAR	5719,86	5448,96	6161,04	10822,40	7833,00	14740,00	28094,04	22567,10	31283,11	41513,00	31025,68	45519,00
ABR	4048,02	4427,28	5659,49	9363,20	6615,00	16160,00	15257,71	16558,54	19994,69	33687,00	26112,00	54434,00
MAI	3003,12	3900,96	4442,76	7007,20	4977,00	13140,00	6820,10	11853,58	10678,03	19911,00	13685,00	34237,00
JUN	2887,02	3289,50	4179,60	6186,40	4494,00	10940,00	7227,96	9329,88	8567,76	17044,00	11460,04	20087,00
JUL	3668,76	3057,30	4682,70	5745,60	3580,50	10400,00	9896,42	6010,66	10263,22	12651,00	11028,24	26468,00
AGO	4017,06	3637,80	4976,82	7144,00	4263,00	10980,00	10443,48	9738,43	13577,57	21285,00	13569,40	28054,00
SET	4179,60	4357,62	4934,25	8800,80	3759,00	13840,00	13666,66	13336,75	18105,74	26555,00	15053,84	33156,00
OUT	6834,42	6192,00	5964,41	9500,00	7297,50	15200,00	35145,91	28307,71	22448,09	29803,00	27894,96	37184,00
NOV	6269,40	6315,84	6099,12	11187,20	6730,50	16580,00	32066,11	33166,49	35148,70	52200,00	23134,96	56037,00
DEZ	5913,36	6037,20	5557,32	12965,60	7434,00	15660,00	29365,63	31820,42	29998,30	64687,00	37158,60	48488,00
SOMA	55101,06	57144,42	66695,55	111020,80	73521,00	163700,00	228788,42	228020,74	268017,77	406935,00	288536,24	463456,00
MÉDIA	4591,76	4762,04	5557,96	9251,73	6126,75	13641,67	19065,70	19001,73	22334,81	33911,25	24044,69	38621,33

Fonte: O autor (2016)

COMPONENTES VOLUME ADUZIDO (m³) E CUSTOS COM ENERGIA (R\$) - CALCULO ANOVA

MÊS	VOLUME ADUZIDO (m³)						CUSTOS ENERGIA (R\$)					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015
JAN	642141,81	788459,34	1012743,48	1212252,39	1123033,00	1635837,00	71277,74	64415,38	114113,71	172016,24	161452,03	234691,18
FEV	653338,00	697369,00	1014672,05	1185825,90	1040193,00	1485169,00	75990,78	69238,08	128935,57	120457,83	156679,79	226078,51
MAR	832058,00	711787,10	1168887,87	1306642,55	1124207,00	1545538,00	102697,81	68047,20	143100,05	114355,23	165942,04	279621,47
ABR	867820,29	810231,00	1171638,12	1156685,76	1085095,00	1491217,00	94335,99	68571,81	136608,27	143623,29	185999,23	289727,40
MAI	836097,00	885136,00	1237727,49	1198827,34	1215450,00	1615251,00	118628,30	100507,25	162792,05	131716,24	158323,35	308118,89
JUN	787876,92	874579,00	1228298,37	1189359,98	1263983,00	1661338,00	131359,86	110971,20	145961,78	131646,63	185713,38	305691,18
JUL	799761,00	886917,00	1227827,04	1219697,89	1391085,00	1660226,00	141468,09	141468,09	174666,65	147069,39	334679,28	339783,22
AGO	821458,00	964058,06	1312668,76	1345277,00	1535208,00	1778167,00	144017,90	124326,41	206235,88	147997,09	273009,07	356815,91
SET	801058,84	969273,70	1330246,65	1386233,00	1709206,00	1745870,00	137119,15	133833,42	214839,10	261504,64	239868,29	411490,81
OUT	856805,09	927303,48	1313062,92	1337473,00	1721471,00	1685908,00	81486,92	126517,80	222112,02	233069,21	257002,27	362117,74
NOV	780958,37	959553,34	1205314,00	1154739,00	1617897,00	1624124,00	81486,92	103965,53	188453,95	180216,77	253245,82	357306,70
DEZ	828023,01	1047963,99	1253181,20	1138462,00	1555300,00	1603212,00	65081,03	102428,05	174787,71	167032,41	208695,08	354510,79
SOMA	9507396,33	10522631,01	14476267,95	14831475,81	16382128,00	19531857,00	1244950,49	1214290,22	2012606,74	1950704,97	2580609,63	3825953,80
MÉDIA	792283,03	876885,92	1206355,66	1235956,32	1365177,33	1627654,75	103745,87	101190,85	167717,23	162558,75	215050,80	318829,48

Fonte: O autor (2016)

ANOVA - PARA COMPONENTES CONSUMO DE CAL HIDRATADA (Kg) E SULFATO DE ALUMÍNIO (Kg)

MÊS	CONSUMO DE CAL HIDRATADA (KG)						CONSUMO DE SULFATO DE ALUMÍNIO (KG)					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015
JAN	11980,00	14320,00	16280,00	16700,00	14580,00	12930,00	3605,98	34172,00	45319,00	55152,00	52871,00	38046,00
FEV	10140,00	12760,00	19994,00	12640,00	16920,00	13130,00	3052,14	30959,00	52314,00	32447,00	62443,00	41746,00
MAR	14780,00	14080,00	15920,00	14240,00	14920,00	14740,00	4448,78	32424,00	44947,00	41513,00	45626,00	45519,00
ABR	10460,00	11440,00	14624,00	12320,00	12600,00	16160,00	3148,46	23791,00	28728,00	33687,00	38400,00	54434,00
MAI	7760,00	10080,00	11480,00	9220,00	9480,00	13140,00	2335,76	17031,00	15342,00	19911,00	20125,00	34237,00
JUN	7460,00	8500,00	10800,00	8140,00	8560,00	10940,00	2245,46	13405,00	12310,00	17044,00	16853,00	20087,00
JUL	9480,00	7900,00	12100,00	7560,00	6820,00	10400,00	2853,48	8636,00	14746,00	12651,00	16218,00	26468,00
AGO	10380,00	9400,00	12860,00	9400,00	8120,00	10980,00	3124,38	13992,00	19508,00	21285,00	19955,00	28054,00
SET	10800,00	11260,00	12750,00	11580,00	7160,00	13840,00	3250,80	19162,00	26014,00	26555,00	22138,00	33156,00
OUT	17660,00	16000,00	15411,92	12500,00	13900,00	15200,00	5315,66	40672,00	32253,00	29803,00	41022,00	37184,00
NOV	16200,00	16320,00	15760,00	14720,00	12820,00	16580,00	4876,20	47653,00	50501,00	52200,00	34022,00	56037,00
DEZ	15280,00	15600,00	14360,00	17060,00	14160,00	15660,00	4599,28	45719,00	43101,00	64687,00	54645,00	48488,00
SOMA	142380,00	147660,00	172339,92	146080,00	140040,00	163700,00	42856,38	327616,00	385083,00	406935,00	424318,00	463456,00
MÉDIA	11865,00	12305,00	14361,66	12173,33	11670,00	13641,67	3571,37	27301,33	32090,25	33911,25	35359,83	38621,33

Fonte: O autor (2016)

COMPONENTES TURBIDEZ MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA (uT) – CÁLCULO ANOVA

MÊS	TURBIDEZ MÁXIMA (uT)						TURBIDEZ MÉDIA (uT)						TURBIDEZ MÍNIMA (uT)					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015
JAN	853,00	437,00	426,00	640,00	330,00	402,00	69,92	51,35	52,27	68,56	46,74	29,29	15,40	11,00	16,50	8,43	11,10	9,19
FEV	401,00	399,00	329,00	345,00	388,00	477,00	41,20	83,34	54,23	38,79	71,11	45,02	12,70	3,30	14,60	6,40	18,00	9,19
MAR	339,00	669,00	363,00	275,00	378,00	520,00	59,05	72,57	52,57	48,52	47,63	42,52	20,00	16,80	8,30	9,49	16,70	11,00
ABR	1089,00	295,00	303,00	450,00	143,00	625,00	48,75	46,17	30,97	38,32	27,94	58,20	2,00	10,10	9,97	12,00	10,50	9,15
MAI	29,00	32,10	26,60	100,00	47,30	243,00	11,51	10,13	10,02	13,45	11,79	21,37	7,00	5,24	6,31	1,00	7,09	7,04
JUN	19,90	8,80	19,60	297,00	10,90	23,90	11,08	6,06	8,33	14,63	7,25	9,04	5,51	0,28	5,28	4,79	4,91	5,40
JUL	89,50	9,08	609,00	9,60	7,06	76,60	31,59	4,67	9,29	5,60	5,17	15,81	4,20	3,13	1,40	4,03	3,43	5,46
AGO	30,20	24,20	394,00	8,00	6,82	101,00	23,89	5,23	5,26	5,18	4,43	13,34	3,85	0,40	2,75	3,80	3,28	5,12
SET	795,00	99,20	14,60	9,90	10,30	36,90	13,18	6,52	4,82	5,81	4,90	10,45	4,34	3,43	3,13	4,16	3,55	6,25
OUT	485,00	129,00	24,80	448,00	380,00	51,90	47,00	19,99	6,45	12,75	19,23	13,58	0,57	1,23	3,92	4,36	4,68	7,36
NOV	788,00	357,00	755,00	474,00	309,00	765,00	62,92	47,75	58,79	48,39	25,57	41,34	12,00	6,68	5,01	6,36	1,09	6,19
DEZ	667,00	331,00	580,00	471,00	809,00	264,00	66,86	54,50	58,11	69,17	71,51	26,78	10,60	12,40	4,08	8,40	8,14	7,51
SOMA	5585,60	2790,38	3844,60	3527,50	2819,38	3586,30	486,95	408,28	351,11	369,17	343,27	326,74	98,17	73,99	81,25	73,22	92,47	88,86
MÉDIA	465,47	232,53	320,38	293,96	234,95	298,86	40,58	34,02	29,26	30,76	28,61	27,23	8,18	6,17	6,77	6,10	7,71	7,41

Fonte: O autor (2016)

ANOVA - PARA COMPONENTES CUSTOS COM PESSOAL (R\$) E CUSTOS TOTAIS (R\$)

MÊS	CUSTO PESSOAL R\$						CUSTO TOTAL - R\$					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015
JAN	35620,00	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	131316,46	128134,96	190909,29	265202,32	253159,61	324344,75
FEV	35620,00	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	130316,17	130398,56	212036,99	196027,11	256124,83	318896,85
MAR	35620,00	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	167873,62	130564,44	219497,40	196942,75	252901,52	376531,74
ABR	35620,00	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	146739,93	124697,09	201215,65	219742,97	266827,03	394839,99
MAI	35620,00	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	162679,04	151848,01	216866,04	196663,28	225086,15	394770,23
JUN	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	50424,00	177275,59	161222,63	198823,94	193937,99	249768,22	379356,80
JUL	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	50424,00	190376,59	164637,03	229727,37	206108,43	397388,82	418362,56
AGO	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	50424,00	193686,19	175237,25	264905,07	213960,29	338942,27	437055,80
SET	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	50424,00	189794,34	188659,23	277993,89	332497,44	306781,93	497683,96
OUT	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	50424,00	155422,51	196696,44	290639,32	306839,93	340295,53	452458,71
NOV	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	50424,00	152230,70	178746,76	269816,57	270008,77	331212,08	463995,42
DEZ	37210,80	38953,20	40114,80	45196,80	48100,80	50424,00	133134,53	175737,21	250458,13	266594,49	301388,48	454427,67
SOMA	438575,60	458726,40	475569,60	516951,60	562689,60	593472,00	1930845,69	1906579,58	2822889,66	2864525,77	3519876,47	4912724,48
MÉDIA	36547,97	38227,20	39630,80	43079,30	46890,80	49456,00	160903,81	158881,63	235240,80	238710,48	293323,04	409393,71

Fonte: O autor (2016)

APÊNDICE I

REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA FATORES CUSTOS TOTAIS

Exposição dos valores dos grupos: custos totais 2010 A 2015

2010 A 2015					
	CUSTOS TOTAL (R\$)	CUSTOS PESSOAL (R\$)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	CUSTOS SULFATO R\$	CUSTOS CAL R\$
TOTAL	17,994,011,52	3,045,984,80	12,805,296,57	1,638,100,33	453,083,83
MÉDIA	249,916,83	42,305,34	177,851,34	22,751,39	6,292,83

Exposição dos valores dos grupos: custos totais do ano de 2010

2010					
MÊS	CUSTOS TOTAL (RS)	CUSTOS PESSOAL (RS)	CUSTOS ENERGIA (RS)	CUSTOS SULFATO RS	CUSTOS CAL RS
JAN	134822,856	35620	71277,74	23288,856	4636,26
FEV	133050,496	35620	75990,78	17515,536	3924,18
MAR	172131,71	35620	102697,81	28094,04	5719,86
ABR	149261,722	35620	94335,99	15257,712	4048,02
MAI	164071,524	35620	118628,3	6820,104	3003,12
JUN	178685,64	37210,8	131359,86	7227,96	2887,02
JUL	192244,074	37210,8	141468,09	9896,424	3668,76
AGO	195689,24	37210,8	144017,9	10443,48	4017,06
SET	192176,206	37210,8	137119,15	13666,656	4179,6
OUT	160678,052	37210,8	81486,92	35145,912	6834,42
NOV	157033,232	37210,8	81486,92	32066,112	6269,4
DEZ	137570,822	37210,8	65081,03	29365,632	5913,36
TOTAL	1967415,57	438575,60	1244950,49	228788,42	55101,06
MÉDIA	163951,30	36547,97	103745,87	19065,70	4591,76

Fonte: O autor (2016)

Exposição dos valores dos grupos: custos totais 2011 e 2012

2011					
MÊS	CUSTOS TOTAL (R\$)	CUSTOS PESSOAL (R\$)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	CUSTOS SULFATO R\$	CUSTOS CAL R\$
JAN	128134,96	37210,8	64415,38	22040,94	4467,84
FEV	130398,555	37210,8	69238,08	19968,555	3981,12
MAR	130564,44	37210,8	68047,2	20913,48	4392,96
ABR	124697,085	37210,8	68571,81	15345,195	3569,28
MAI	151848,005	37210,8	100507,25	10984,995	3144,96
JUN	161222,625	38953,2	110971,2	8646,225	2652
JUL	164637,025	38953,2	117648,805	5570,22	2464,8
AGO	175237,25	38953,2	124326,41	9024,84	2932,8
SET	188659,23	38953,2	133833,42	12359,49	3513,12
OUT	196696,44	38953,2	126517,8	26233,44	4992
NOV	178746,755	38953,2	103965,53	30736,185	5091,84
DEZ	175737,205	38953,2	102428,05	29488,755	4867,2
TOTAL	1906579,58	458726,40	1190470,94	211312,32	46069,92
MÉDIA	158881,63	38227,20	99205,91	17609,36	3839,16

2012					
	CUSTOS TOTAL (R\$)	CUSTOS PESSOAL (R\$)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	CUSTOS SULFATO R\$	CUSTOS CAL R\$
JAN	190909,294	38953,2	114113,71	31542,024	6300,36
FEV	212036,992	38953,2	128935,57	36410,544	7737,678
MAR	219497,402	38953,2	143100,05	31283,112	6161,04
ABR	201215,646	38953,2	136608,27	19994,688	5659,488
MAI	216866,042	38953,2	162792,05	10678,032	4442,76
JUN	198823,94	40114,8	145961,78	8567,76	4179,6
JUL	229727,366	40114,8	174666,65	10263,216	4682,7
AGO	264905,068	40114,8	206235,88	13577,568	4976,82
SET	277993,894	40114,8	214839,1	18105,744	4934,25
OUT	290639,321	40114,8	222112,02	22448,088	5964,41304
NOV	269816,566	40114,8	188453,95	35148,696	6099,12
DEZ	250458,126	40114,8	174787,71	29998,296	5557,32
TOTAL	2,822,889,66	475,569,60	2,012,606,74	268,017,77	66,695,55
MÉDIA	235,240,80	39,630,80	167,717,23	22,334,81	5,557,96

Fonte: O autor (2016)

Exposição dos valores dos grupos: custos totais 2013 e 2014

2013					
	CUSTOS TOTAL (R\$)	CUSTOS PESSOAL (R\$)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	CUSTOS SULFATO R\$	CUSTOS CAL R\$
JAN	265202,32	40114,8	172016,24	35297,28	12692
FEV	196027,11	40114,8	120457,83	20766,08	9606,4
MAR	196942,75	40114,8	114355,23	26568,32	10822,4
ABR	219742,97	40114,8	143623,29	21559,68	9363,2
MAI	196663,28	40114,8	131716,24	12743,04	7007,2
JUN	193937,99	45196,8	131646,63	10908,16	6186,4
JUL	206108,43	45196,8	147069,39	8096,64	5745,6
AGO	213960,29	45196,8	147997,09	13622,4	7144
SET	332497,44	45196,8	261504,64	16995,2	8800,8
OUT	306839,93	45196,8	233069,21	19073,92	9500
NOV	270008,77	45196,8	180216,77	33408	11187,2
DEZ	266594,49	45196,8	167032,41	41399,68	12965,6
TOTAL	2864525,77	516951,60	1950704,97	260438,40	111020,80
MÉDIA	238710,48	43079,30	162558,75	21703,20	9251,73

2014					
Mês	CUSTOS TOTAL (R\$)	CUSTOS PESSOAL (R\$)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	CUSTOS SULFATO (R\$)	CUSTOS CAL (R\$)
JAN	253159,61	45196,8	161452,03	35952,28	7654,5
FEV	256124,83	45196,8	156679,79	42461,24	8883
MAR	252901,52	45196,8	165942,04	31025,68	7833
ABR	266827,03	45196,8	185999,23	26112	6615
MAI	225086,15	45196,8	158323,35	13685	4977
JUN	249768,22	48100,8	185713,38	11460,04	4494
JUL	397388,82	48100,8	334679,28	11028,24	3580,5
AGO	338942,27	48100,8	273009,07	13569,4	4263
SET	306781,93	48100,8	239868,29	15053,84	3759
OUT	340295,53	48100,8	257002,27	27894,96	7297,5
NOV	331212,08	48100,8	253245,82	23134,96	6730,5
DEZ	301388,48	48100,8	208695,08	37158,6	7434
TOTAL	3,519,876,47	562,689,60	2,580,609,63	288,536,24	73,521,00
MÉDIA	293,323,04	46,890,80	215,050,80	24,044,69	6,126,75

Fonte: O autor (2016)

Exposição dos valores dos grupos: custos total (2015)

2015					
MÊS	CUSTOS TOTAL (R\$)	CUSTOS COM PESSOAL (R\$)	CUSTOS ENERGIA (R\$)	CUSTOS SULFATO R\$	CUSTOS CAL R\$
JAN	324344,7466	48100,8	234691,18	31277,6166	7951,95
FEV	318896,8466	48100,8	226078,51	34319,3866	8074,95
MAR	376531,7399	48100,8	279621,47	37421,1699	9065,1
ABR	394839,9914	48100,8	289727,4	44750,1914	9938,4
MAI	394770,2277	48100,8	308118,89	28146,2377	8081,1
JUN	379356,8027	50424	305691,18	16513,5227	6728,1
JUL	418362,5628	50424	339783,22	21759,3428	6396
AGO	437055,8034	50424	356815,91	23063,1934	6752,7
SET	497683,9576	50424	411490,81	27257,5476	8511,6
OUT	452458,7064	50424	362117,74	30568,9664	9348
NOV	463995,4177	50424	357306,7	46068,0177	10196,7
DEZ	454427,6748	50424	354510,79	39861,9848	9630,9
TOTAL	4912724,48	593472,00	3825953,80	381007,18	100675,50
MÉDIA	409393,71	49456,00	318829,48	31750,60	8389,63

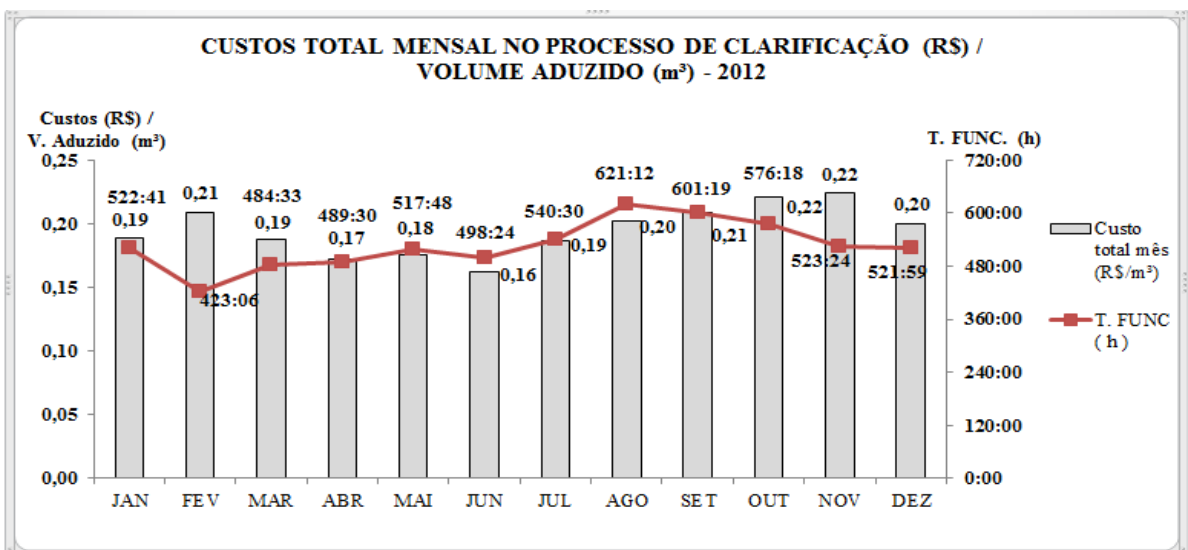
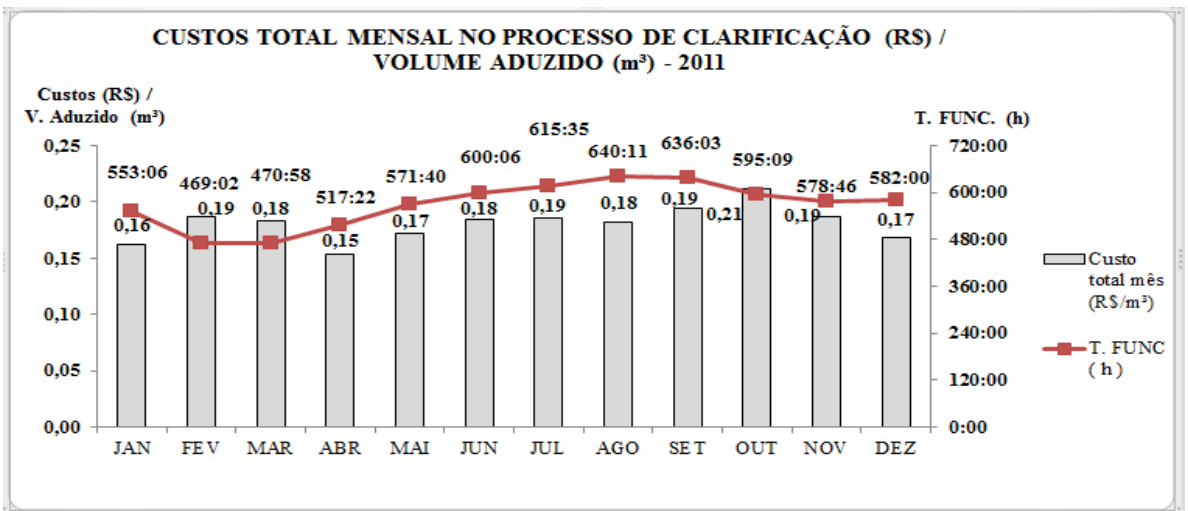
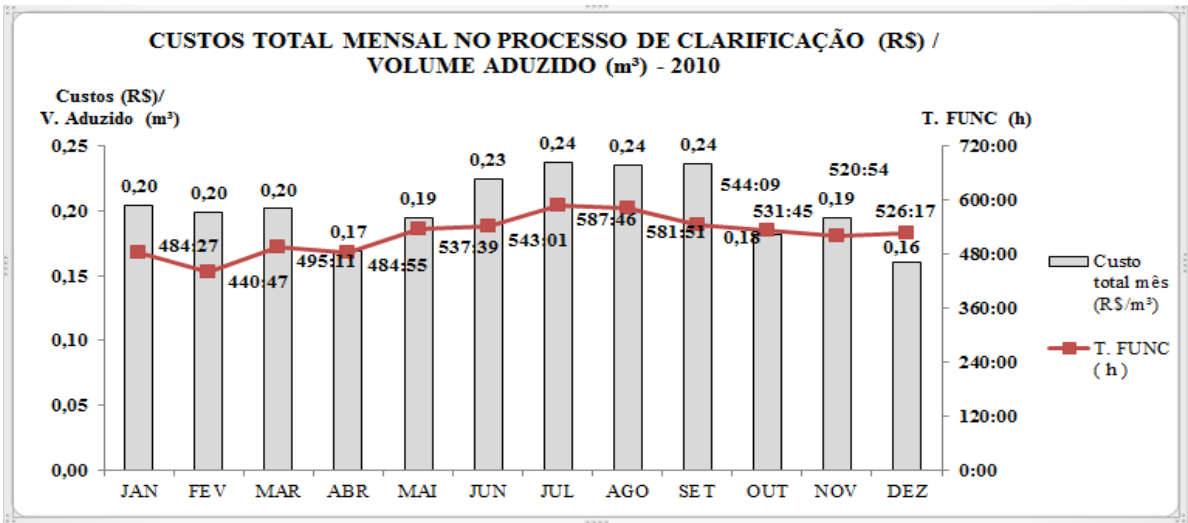
Fonte: O autor (2016)

APÊNDICE J

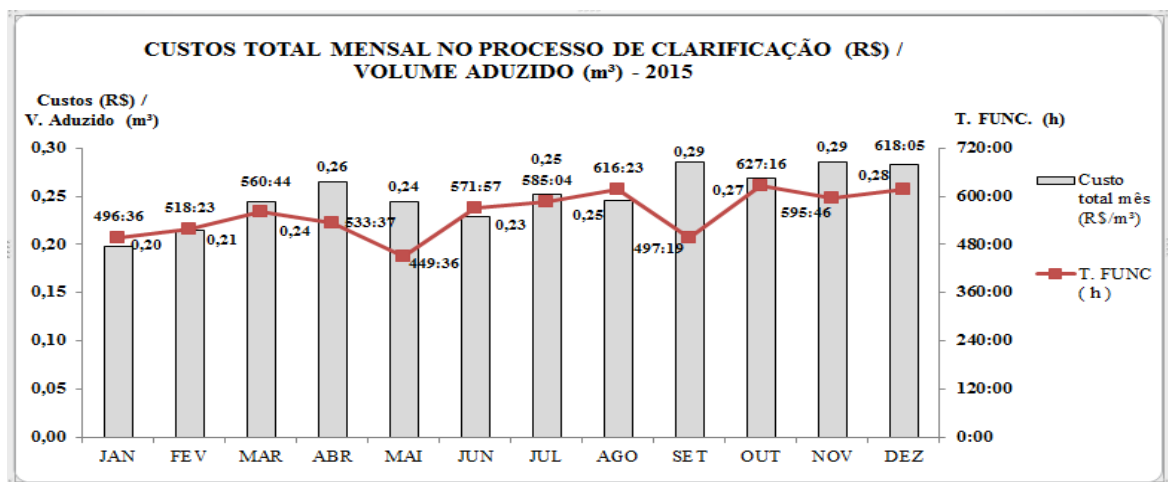
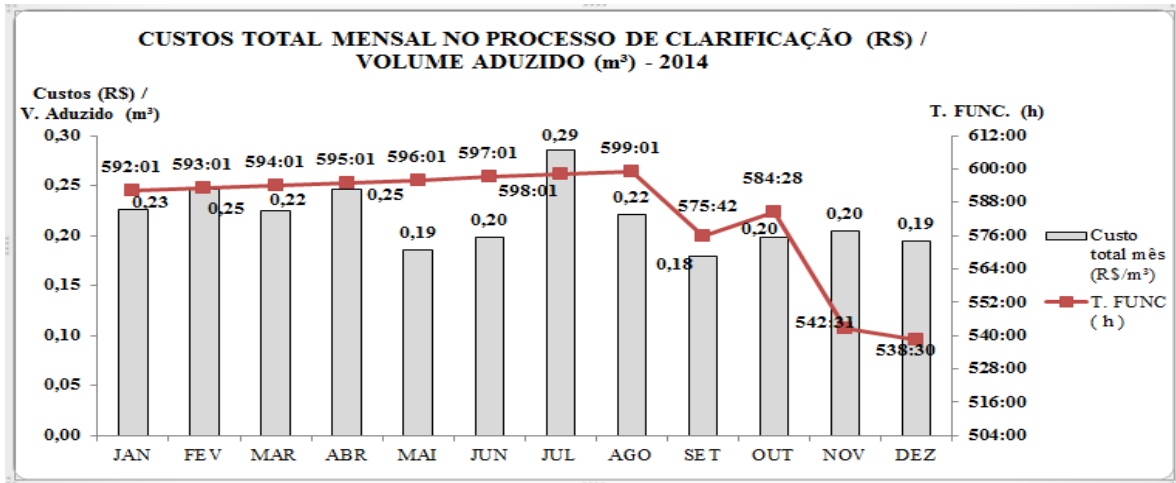
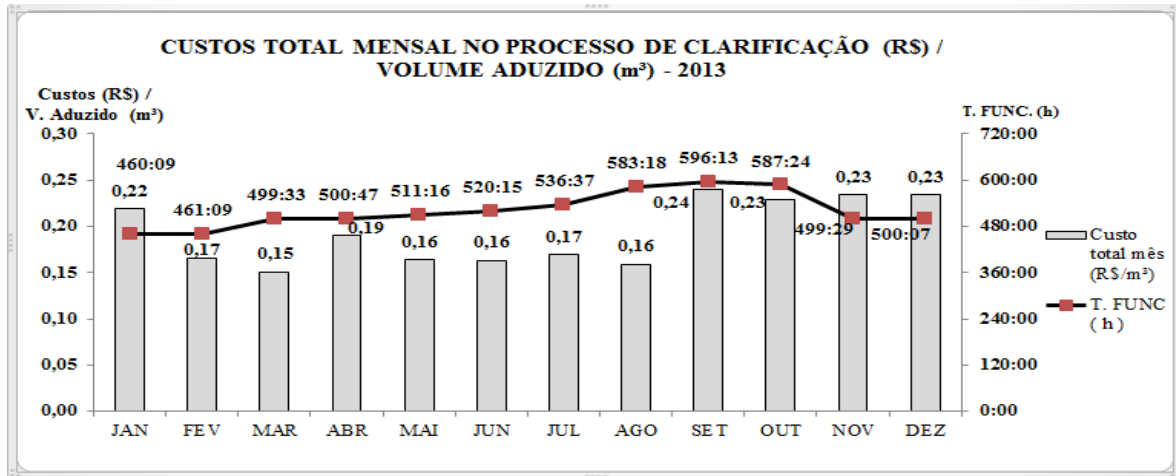
CUSTOS TOTAL ANUAL NO PROCESSO DE CLARIFICAÇÃO DA ÁGUA (R\$/m³)

CUSTO TOTAL NO PROCESSO DE CLARIFICAÇÃO (R\$) POR VOLUME ADUZIDO (m ³)												
MÊS	2010				2011				2012			
	CUSTO TOTAL (R\$)	VOL. ADUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)	CUSTO TOTAL (R\$)	VOL. ADUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)	CUSTO TOTAL (R\$)	VOL. ADUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)
JAN	131316,46	642141,81	0,20	484:27	128134,96	788459,34	0,16	553:06	190909,29	1012743,48	0,19	522:41
FEV	130316,17	653338,00	0,20	440:47	130398,56	697369,00	0,19	469:02	212036,99	1014672,05	0,21	423:06
MAR	167873,62	832058,00	0,20	495:11	130564,44	711787,10	0,18	470:58	219497,40	1168887,87	0,19	484:33
ABR	146739,93	867820,29	0,17	484:55	124697,09	810231,00	0,15	517:22	201215,65	1171638,12	0,17	489:30
MAI	162679,04	836097,00	0,19	537:39	151848,01	885136,00	0,17	571:40	216866,04	1237727,49	0,18	517:48
JUN	177275,59	787876,92	0,23	543:01	161222,63	874579,00	0,18	600:06	198823,94	1228298,37	0,16	498:24
JUL	190376,59	799761,00	0,24	587:46	164637,03	886917,00	0,19	615:35	229727,37	1227827,04	0,19	540:30
AGO	193686,19	821458,00	0,24	581:51	175237,25	964058,06	0,18	640:11	264905,07	1312668,76	0,20	621:12
SET	189794,34	801058,84	0,24	544:09	188659,23	969273,70	0,19	636:03	277993,89	1330246,65	0,21	601:19
OUT	155422,51	856805,09	0,18	531:45	196696,44	927303,48	0,21	595:09	290639,32	1313062,92	0,22	576:18
NOV	152230,70	780958,37	0,19	520:54	178746,76	959553,34	0,19	578:46	269816,57	1205314,00	0,22	523:24
DEZ	133134,53	828023,01	0,16	526:17	175737,21	1047963,99	0,17	582:00	250458,13	1253181,20	0,20	521:59
TOTA	1930845,69	9507396,33	0,20	6278:42	1906579,58	10522631,01	0,18	6829:58	2822889,66	14476267,95	0,20	6320:44
MÊS	2013				2014				2015			
	CUSTO TOTAL (R\$)	VOL. ADUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)	CUSTO TOTAL (R\$)	VOL. ADUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)	CUSTO TOTAL (R\$)	VOL. ADUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)
JAN	265202,32	1212252,39	0,22	460:09	253159,61	1123033,00	0,23	592:01	324344,75	1635837,00	0,20	496:36
FEV	196027,11	1185825,90	0,17	461:09	256124,83	1040193,00	0,25	593:01	318896,85	1485169,00	0,21	518:23
MAR	196942,75	1306642,55	0,15	499:33	252901,52	1124207,00	0,22	594:01	376531,74	1545538,00	0,24	560:44
ABR	219742,97	1156685,76	0,19	500:47	266827,03	1085095,00	0,25	595:01	394839,99	1491217,00	0,26	533:37
MAI	196663,28	1198827,34	0,16	511:16	225086,15	1215450,00	0,19	596:01	394770,23	1615251,00	0,24	449:36
JUN	193937,99	1189359,98	0,16	520:15	249768,22	1263983,00	0,20	597:01	379356,80	1661338,00	0,23	571:57
JUL	206108,43	1219697,89	0,17	536:37	397388,82	1391085,00	0,29	598:01	418362,56	1660226,00	0,25	585:04
AGO	213960,29	1345277,00	0,16	583:18	338942,27	1535208,00	0,22	599:01	437055,80	1778167,00	0,25	616:23
SET	332497,44	1386233,00	0,24	596:13	306781,93	1709206,00	0,18	575:42	497683,96	1745870,00	0,29	497:19
OUT	306839,93	1337473,00	0,23	587:24	340295,53	1721471,00	0,20	584:28	452458,71	1685908,00	0,27	627:16
NOV	270008,77	1154739,00	0,23	499:29	331212,08	1617897,00	0,20	542:31	463995,42	1624124,00	0,29	595:46
DEZ	266594,49	1138462,00	0,23	500:07	301388,48	1555300,00	0,19	538:30	454427,67	1603212,00	0,28	618:05
TOTA	2864525,77	14831475,81	0,19	6256:17	3519876,47	16382128,00	0,21	7005:19	4912724,48	19531857,00	0,25	6670:46

Fonte: O autor (2016)



Fonte: O autor (2016)



Fonte: O autor (2016)

APÊNDICE L

CUSTOS TOTAIS ANUAL PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA (R\$/m³)

(2010 – 2011)

CUSTOS TOTAIS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA (R\$) POR VOLUME PRODUZIDO (m ³)									
2010									
MÊS	COLORO (Kg)	FLUOR (Kg)	(1) CUSTOS COLORO (R\$)	(2) CUSTOS FLUOR (R\$)	(3) CUSTOS SULFATO E CAL (R\$)	CUSTOS (R\$) (1+2+3)	VOLUME PRODUZIDO (m ³)	Custos total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)
JAN	841,00	2639,00	5962,69	3562,65	131316,46	140841,80	621077,45	0,23	484:27
FEV	598,00	2964,00	4239,82	4001,40	130316,17	138557,39	638967,90	0,22	440:47
MAR	583,00	3445,00	4133,47	4650,75	167873,62	176657,84	818796,56	0,22	495:11
ABR	648,00	3263,00	4594,32	4405,05	146739,93	155739,30	855150,70	0,18	484:55
MAI	723,00	3588,00	5126,07	4843,80	162679,04	172648,91	823737,31	0,21	537:39
JUN	1463,00	3445,00	10372,67	4650,75	177275,59	192299,01	771818,58	0,25	543:01
JUL	1773,00	3536,00	12570,57	4773,60	190376,59	207720,76	785603,20	0,26	587:46
AGO	1961,00	3510,00	13903,49	4738,50	193686,19	212328,18	808746,40	0,26	581:51
SET	1964,00	3406,00	13924,76	4598,10	189794,34	208317,20	783836,24	0,27	544:09
OUT	2487,00	3835,00	17632,83	5177,25	155422,51	178232,59	841320,75	0,21	531:45
NOV	1841,00	3744,00	13052,69	5054,40	152230,70	170337,79	766122,46	0,22	520:54
DEZ	1802,00	3796,00	12776,18	5124,60	133134,53	151035,31	811766,12	0,19	526:17
TOTAL	16684,00	41171,00	118289,56	55580,85	1930845,69	2104716,10	9326943,67	0,23	6278:42
2011									
MÊS	COLORO (Kg)	FLUOR (Kg)	(1) CUSTOS COLORO (R\$)	(2) CUSTOS FLUOR (R\$)	(3) CUSTOS SULFATO E CAL (R\$)	CUSTOS (R\$) (1+2+3)	VOLUME PRODUZIDO (m ³)	Custos total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)
JAN	1733,00	3471,00	12286,97	4685,85	128134,96	145107,78	774641,34	0,19	522:41
FEV	1539,00	3341,00	10911,51	4510,35	130398,56	145820,42	694402,80	0,21	423:06
MAR	1722,00	3497,00	12208,98	4720,95	130564,44	147494,37	698176,22	0,21	484:33
ABR	1602,00	3705,00	11358,18	5001,75	124697,09	141057,02	795792,91	0,18	489:30
MAI	1755,00	4186,00	12442,95	5651,10	151848,01	169942,06	868733,55	0,20	517:48
JUN	1848,00	4459,00	13102,32	6019,65	161222,63	180344,60	859754,16	0,21	498:24
JUL	1824,00	4121,00	12932,16	5563,35	164637,03	183132,54	873272,41	0,21	540:30
AGO	2098,00	4355,00	14874,82	5879,25	175237,25	195991,32	950454,78	0,21	621:12
SET	2195,00	4524,00	15562,55	6107,40	188659,23	210329,18	955264,09	0,22	601:19
OUT	2649,00	4142,00	18781,41	5591,70	196696,44	221069,55	909984,24	0,24	576:18
NOV	2286,00	4030,00	16207,74	5440,50	178746,76	200395,00	944332,87	0,21	523:24
DEZ	2145,00	3900,00	15208,05	5265,00	175737,21	196210,26	1031880,99	0,19	521:59
TOTAL	23396,00	47731,00	165877,64	64436,85	1906579,58	2136894,07	9297718,85	0,23	6320:44

Fonte: O autor (2016)

**CUSTOS TOTAIS ANUAL PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA (R\$/m³)
(2012 – 2013)**

CUSTOS TOTAIS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA (R\$) POR VOLUME PRODUZIDO (m³)

2012									
MÊS	CLORO (Kg)	FLUOR (Kg)	(1) CUSTOS CLORO (R\$)	(2) CUSTOS FLUOR (R\$)	(3) CUSTOS SULFATO E CAL (R\$)	CUSTOS (R\$) (1+2+3)	VOLUME PRODUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)
JAN	1983,00	3835,00	14059,47	5177,25	190909,29	210146,01	992459,85	0,21	522:41
FEV	1629,00	4121,00	11549,61	5563,35	212036,99	229149,95	997312,34	0,23	423:06
MAR	1725,00	4550,00	12230,25	6142,50	219497,40	237870,15	1147802,04	0,21	484:33
ABR	1675,00	4303,00	11875,75	5809,05	201215,65	218900,45	1151140,03	0,19	489:30
MAI	1820,00	4589,00	12903,80	6195,15	216866,04	235964,99	1215814,23	0,19	517:48
JUN	1814,00	4251,00	12861,26	5738,85	198823,94	217424,05	1206834,03	0,18	498:24
JUL	1923,00	4472,00	13634,07	6037,20	229727,37	249398,64	1211493,83	0,21	540:30
AGO	4680,00	4784,00	33181,20	6458,40	264905,07	304544,67	1298210,56	0,23	621:12
SET	16000,00	4818,00	5600,00	6504,30	277993,89	290098,19	1315198,91	0,22	601:19
OUT	16500,00	4745,00	5775,00	6405,75	290639,32	302820,07	1297651,00	0,23	576:18
NOV	15500,00	4472,00	5425,00	6037,20	269816,57	281278,77	1187568,20	0,24	523:24
DEZ	8950,00	2130,00	3132,50	2875,50	250458,13	256466,13	1230506,95	0,21	521:59
TOTAL	2822889,66	2822889,66	2822889,66	2822889,66	2822889,66	3034062,07	14251991,97	0,21	6320:44
2013									
MÊS	CLORO (Kg)	FLUOR (Kg)	(1) CUSTOS CLORO (R\$)	(2) CUSTOS FLUOR (R\$)	(3) CUSTOS SULFATO E CAL (R\$)	CUSTOS (R\$) (1+2+3)	VOLUME PRODUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)
JAN	11650,00	4307,00	4194,00	12921,00	265202,32	282317,32	1188360,67	0,24	460:09
FEV	10350,00	3587,54	3726,00	10762,62	196027,11	210515,73	1168870,28	0,18	461:09
MAR	10700,00	4113,00	3852,00	12339,00	196942,75	213133,75	1294127,48	0,16	499:33
ABR	11250,00	4167,00	4050,00	12501,00	219742,97	236293,97	1143041,33	0,21	500:47
MAI	11350,00	5023,00	4086,00	15069,00	196663,28	215818,28	1185320,79	0,18	511:16
JUN	10925,00	4345,00	3933,00	13035,00	193937,99	210905,99	1171993,35	0,18	520:15
JUL	12250,00	4193,00	4410,00	12579,00	206108,43	223097,43	1208181,51	0,18	536:37
AGO	14275,00	4811,00	5139,00	14433,00	213960,29	233532,29	1333784,00	0,18	583:18
SET	15925,00	4766,00	5733,00	14298,00	332497,44	352528,44	1374628,00	0,26	596:13
OUT	17025,00	3954,00	6129,00	11862,00	306839,93	324830,93	1319123,00	0,25	587:24
NOV	14075,00	3243,00	5067,00	9729,00	270008,77	284804,77	1141272,00	0,25	499:29
DEZ	12475,00	3024,00	4491,00	9072,00	266594,49	280157,49	1123685,00	0,25	500:07
TOTAL	152250,00	49533,54	54810,00	148600,62	2864525,77	3067936,39	14652387,41	0,21	6256:17

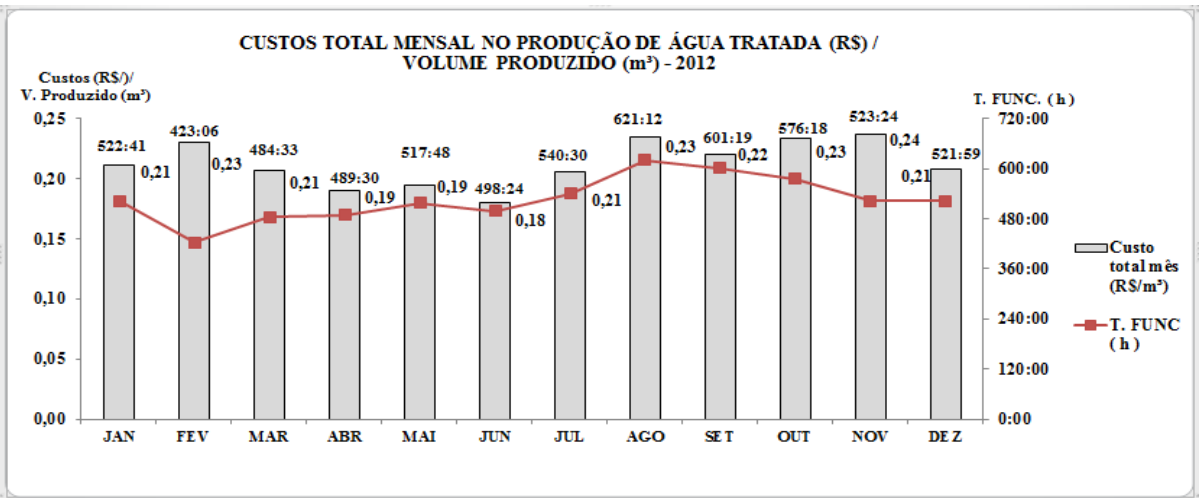
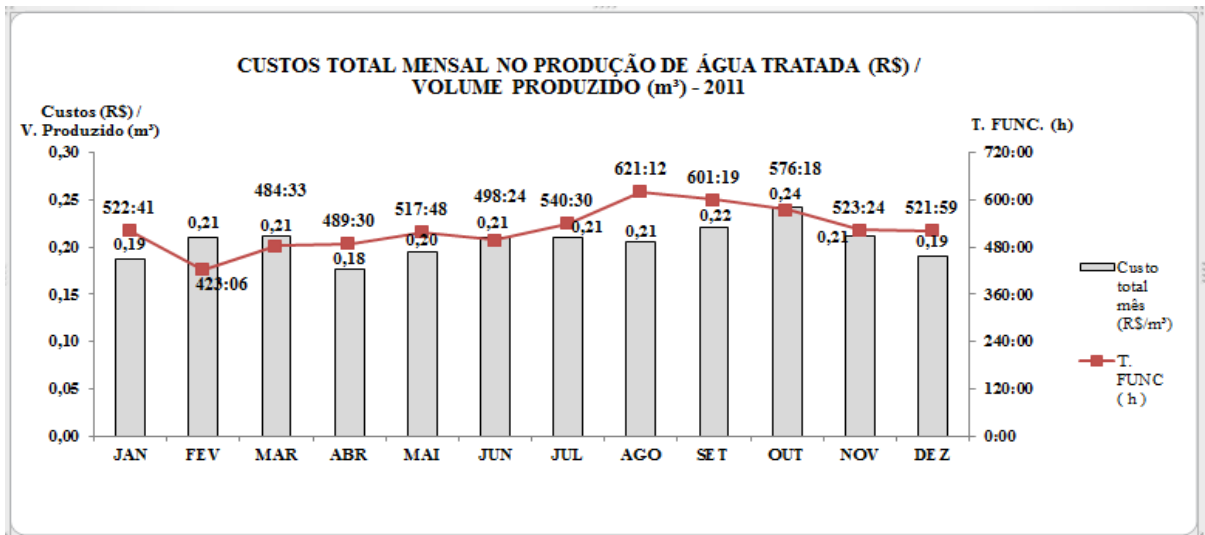
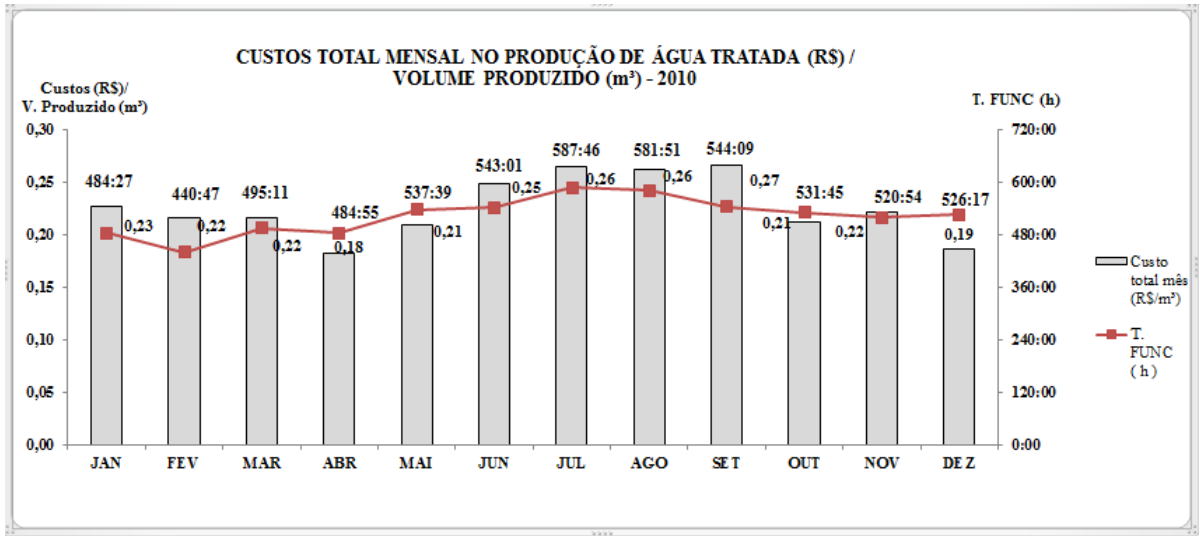
Fonte: O autor (2016)

**CUSTOS TOTAIS ANUAL PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA (R\$/m³)
(2014 – 2015)**

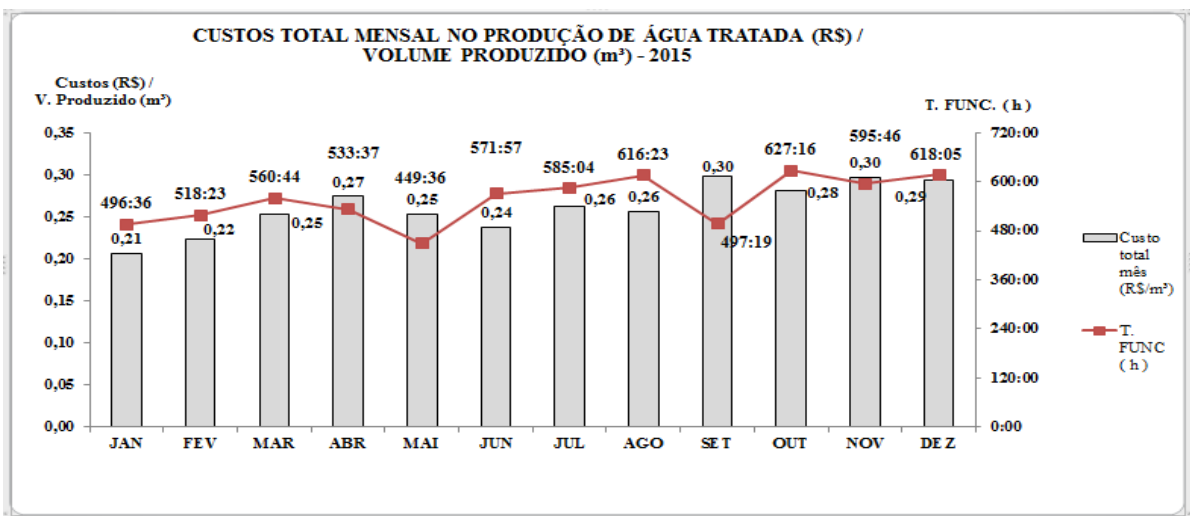
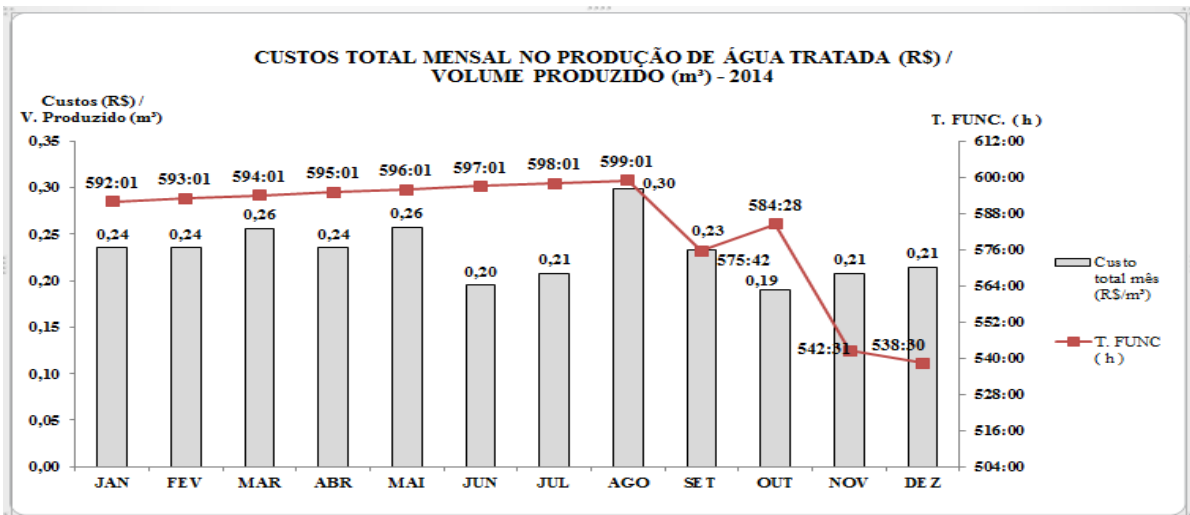
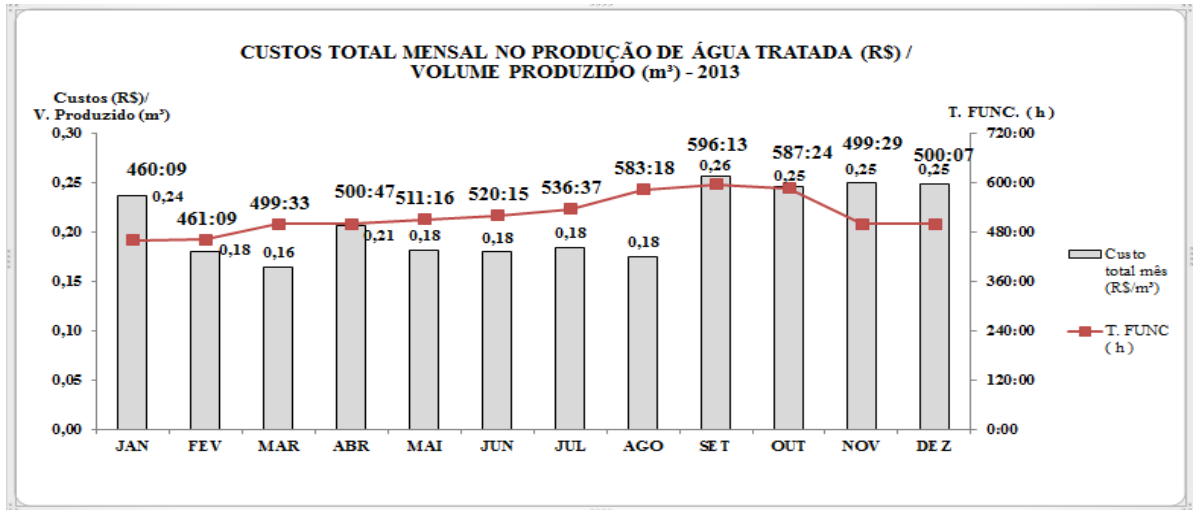
CUSTOS TOTAIS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA (R\$) POR VOLUME PRODUZIDO (m³)

2014									
MÊS	COLORO (Kg)	FLUOR (Kg)	(1) CUSTOS COLORO (R\$)	(2) CUSTOS FLUOR (R\$)	(3) CUSTOS SULFATO E CAL (R\$)	CUSTOS (R\$) (1+2+3)	VOLUME PRODUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)
JAN	11125,00	3133,00	3893,75	4229,55	253159,61	261282,91	1109770,00	0,24	592:01
FEV	10175,00	2951,00	3561,25	3983,85	256124,83	263669,93	1028133,00	0,24	593:01
MAR	10850,00	3620,00	3797,50	4887,00	252901,52	261586,02	1110993,00	0,26	594:01
ABR	9725,00	4479,00	3403,75	6046,65	266827,03	276277,43	1072496,00	0,24	595:01
MAI	9725,00	4479,00	3403,75	6046,65	225086,15	234536,55	1199139,00	0,26	596:01
JUN	11375,00	4097,00	3981,25	5530,95	249768,22	259280,42	1246300,00	0,20	597:01
JUL	14275,00	4449,00	4996,25	6006,15	397388,82	408391,22	1368490,00	0,21	598:01
AGO	18100,00	5339,00	6335,00	7207,65	338942,27	352484,92	1515971,00	0,30	599:01
SET	18100,00	5339,00	6335,00	7207,65	306781,93	320324,58	1682204,00	0,23	575:42
OUT	16100,00	4971,00	5635,00	6710,85	340295,53	352641,38	1695511,00	0,19	584:28
NOV	15050,00	4725,00	5267,50	6378,75	331212,08	342858,33	1596272,00	0,21	542:31
DEZ	13150,00	4511,00	4602,50	6089,85	301388,48	312080,83	1534177,00	0,21	538:30
TOTAL	157750,00	52093,00	55212,50	70325,55	3519876,47	3645414,52	16159456,00	0,20	7005:19
2015									
MÊS	COLORO (Kg)	FLUOR (Kg)	(1) CUSTOS COLORO (R\$)	(2) CUSTOS FLUOR (R\$)	(3) CUSTOS SULFATO E CAL (R\$)	CUSTOS (R\$) (1+2+3)	VOLUME PRODUZIDO (m ³)	Custo total mês (R\$/m ³)	T. FUNC (h)
JAN	13900,00	3766,00	4865,00	5084,10	324344,75	334293,85	1618729,00	0,21	496:36
FEV	12125,00	3723,00	4243,75	5026,05	318896,85	328166,65	1470682,00	0,22	518:23
MAR	11775,00	3948,00	4121,25	5329,80	376531,74	385982,79	1527246,00	0,25	560:44
ABR	10575,00	3878,00	3701,25	5235,30	394839,99	403776,54	1471367,00	0,27	533:37
MAI	10200,00	4472,00	3570,00	6037,20	394770,23	404377,43	1596773,00	0,25	449:36
JUN	10575,00	5225,00	3701,25	7053,75	379356,80	390111,80	1643197,00	0,24	571:57
JUL	11550,00	6345,00	4042,50	8565,75	418362,56	430970,81	1643308,00	0,26	585:04
AGO	14875,00	6853,00	5206,25	9251,55	437055,80	451513,60	1760007,00	0,26	616:23
SET	23525,00	6576,00	8233,75	8877,60	497683,96	514795,31	1722179,00	0,30	497:19
OUT	18500,00	6950,00	6475,00	9382,50	452458,71	468316,21	1667621,00	0,28	627:16
NOV	16175,00	5125,00	5661,25	6918,75	463995,42	476575,42	1606556,00	0,30	595:46
DEZ	15850,00	4985,00	5547,50	6729,75	454427,67	466704,92	1586614,00	0,29	618:05
TOTAL	169625,00	61846,00	59368,75	83492,10	4912724,48	5055585,33	19314279,00	25,00	6670:46

Fonte: O autor (2016)



Fonte: O autor (2016)



Fonte: O autor (2016)