

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
UTFPR
TECNOLOGIA EM PROCESSOS QUÍMICOS**

GISELE CRISTINA BENINI

**USO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA A DETERMINAÇÃO DA
CONCENTRAÇÃO DE NaOH NA LAVADORA DE GARRAFAS DE UMA
CERVEJARIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2017

GISELE CRISTINA BENINI

**USO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA A DETERMINAÇÃO DA
CONCENTRAÇÃO DE NaOH NA LAVADORA DE GARRAFAS DE UMA
CERVEJARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Processos Químicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Toledo, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Processos Químicos.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto da Cunha
Gonçalves

TOLEDO

2017

**TERMO DE APROVAÇÃO
DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

GISELE CRISTINA BENINI

**USO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA A DETERMINAÇÃO DA
CONCENTRAÇÃO DE NaOH NA LAVADORA DE GARRAFAS DE UMA
CERVEJARIA**

Trabalho apresentado como forma de avaliação para o Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Tecnologia em Processos Químicos da UTFPR, Câmpus Toledo, e aprovado pela banca examinadora abaixo.

Prof Dr Gilberto da Cunha Gonçalves

Prof Dr Claiton Antunes Martins

Prof Dr Clóvis Bombardelli

Toledo
Junho de 2017.

"A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso",

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que me concedeu forças nesta caminhada, a meu esposo que sempre esteve do meu lado no decorrer deste percurso, as minhas filhas, e aos meus colegas de faculdade e de trabalho que sempre me ajudaram em tudo o que precisei e acima de tudo ao meu Orientador que sempre esteve me auxiliando e direcionando nesta fase.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores que contribuíram para a minha formação, onde tiveram muita paciência e dedicação para ensinar, e ao meu orientador, Prof: Gilberto da Cunha Gonçalves, que me acompanhou desde a ideia do projeto.

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.

[Charles Chaplin](#)

RESUMO

BENINI, Gisele Cristina. Uso da condutividade elétrica para a determinação da concentração de NaOH na lavadora de garrafas de uma cervejaria. 31 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Processos Químicos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2017.

A cerveja é produzida em grande escala. Sua produção é armazenada em latas e garrafas. As garrafas retornáveis passam por um processo de lavagem. Para que essa limpeza seja realizada, utiliza-se um equipamento conhecido como lavadora de garrafas, onde, as garrafas entram sujas como chegaram do consumidor e passam por quatro banhos de lavagem adicionadas de aditivos, NaOH e esguichos de água para que possam sair limpas. Atualmente, o monitoramento da concentração de NaOH nos banhos de lavagem é realizada coletando-se amostras que são encaminhadas ao laboratório e determinadas por meio de titulação ácido-base. Este método envolve a demanda de mão-de-obra, desde a coleta das amostras até o momento da titulação, além de tempo, pois implica em preparação de vidrarias e reagentes. Assim, torna-se interessante o desenvolvimento de uma metodologia que possibilite uma determinação mais rápida e confiável da concentração de NaOH. Nesse sentido, a condutividade elétrica poderia ser utilizada como parâmetro para o monitoramento da concentração de NaOH nestes banhos, facilitando a operação de lavagem de garrafas. Para este estudo de caso foram coletadas amostras dos referidos banhos durante cinco meses, medido a concentração de NaOH e a sua condutividade elétrica, para avaliação da correlação entre os métodos, sendo que após a avaliação, o método B da utilização da equação referente a gerada por todos os pontos obtidos validou a hipótese estatística. Assim, a condutividade pode ser utilizada como um parâmetro para a estimativa da concentração de NaOH nos banhos da lavadora de garrafas.

Palavras-chave: Condutividade, Titulação, NaOH.

ABSTRACT

BENINI, Gisele Cristina. Use of electrical conductivity for the determination of the NaOH concentration in the bottle washer of a brewery. 31 pages. Course Completion Work (Technology Course in Chemical Processes), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2017

Beer is produced on a large scale. Its production is stored in cans and bottles. The returnable bottles go through a washing process. For this cleaning to be carried out, an equipment known as a bottle washer is used, where the bottles come in dirty as they arrived from the consumer and go through four washing baths added with additives, NaOH and water spouts so that they can be cleaned. Currently, the monitoring of the NaOH concentration in the wash baths is performed by collecting samples that are sent to the laboratory and determined by means of acid-base titration. This method involves the labor demand, from the collection of the samples until the moment of the titration, besides time, as it implies in the preparation of glassware and reagents. Thus, it is interesting to develop a methodology that allows a faster and more reliable determination of NaOH concentration. In this sense, the electrical conductivity could be used as a parameter for the monitoring of the NaOH concentration in these baths, facilitating the bottle washing operation. For this case study, samples of these baths were collected for five months, measuring the NaOH concentration and its electrical conductivity, to evaluate the correlation between the methods, being that after the evaluation, method B of the use of the equation referring to generated For all the points obtained validated the statistical hypothesis

Keywords: Conductivity. Titration. NaOH.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema representativo da lavadora de garrafas (a) Single End e (b) Double End. UTFPR, Toledo-PR, 2017..	04
Figura 2 – Fluxograma de passagem de garrafas pelos banhos da lavadora. UTFPR, Campus Toledo-PR, 2017.	04
Figura 3 – Condutímetro. UTFPR, Campus Toledo-PR, 2017.	07
Figura 4 – Função densidade de Probabilidade t de Student mostrando o ponto de corte para o p valor. UTFPR, Campus Toledo-PR, 2017.	09
Figura 5 – Curva ajustada da Concentração de NaOH e Condutividade. UTFPR, Campus Toledo-PR, 2017.	11
Figura 6 – Gráfico de monitoramento da condutividade elétrica e concentração de NaOH no estágio 1. UTFPR, Campus Toledo-PR, 2017.	12
Figura 7 – Curva ajustada da concentração de NaOH e a condutividade no 1º estágio UTFPR, Campus Toledo-PR, 2017.	13
Figura 8 – Dispersão da diferença entre a concentração de NaOH determinada por titulação e a concentração de NaOH estimada por : (a) método A e (b) Método B. UTFPR, Campus Toledo-PR, 2017.	14
Figura 9 – Gráfico de monitoramento da condutividade elétrica e concentração de NaOH no estágio 2. UTFPR, Campus Toledo-PR, 2017.	16
Figura 10 – Gráfico de monitoramento da condutividade elétrica e concentração de NaOH no estágio 2 UTFPR, Campus Toledo-PR, 2017.	16
Figura 11 – Dispersão da diferença entre a concentração de NaOH determinada por titulação e a concentração de NaOH estimada por : (a) método A e (b) Método B no 2º estágio. UTFPR, Toledo-PR, 2017	17
Figura 12 – Gráfico de monitoramento da condutividade elétrica e concentração de NaOH no estágio 3. UTFPR, Toledo-PR, 2017.	19
Figura 13 – Curva ajustada da concentração de NaOH e a condutividade no 3º estágio. UTFPR, Toledo-PR, 2017.	20
Figura 14 – Dispersão da diferença entre a concentração de NaOH determinada por titulação e a concentração de NaOH estimada por : (a) método A e (b) Método B no 3º estágio. UTFPR, Toledo-PR, 2017.	21
Figura 15 – Gráfico de monitoramento da condutividade elétrica e concentração de NaOH no estágio 4. UTFPR, Toledo-PR, 2017.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teste t Método A no 1º estágio. UTFPR, Campus Toledo, 2017	15
Tabela 2 – Teste t Método B no 1º estágio. UTFPR ,Campus Toledo, 2017.....	15
Tabela 3 – Teste t Método A no 2º estágio. UTFPR ,Campus Toledo, 2017	18
Tabela 4 – Teste t Método B no 2º estágio. UTFPR ,Campus Toledo, 2017.....	19
Tabela 5 – Teste t Método A no 3º estágio. UTFPR, Campus Toledo, 2017	22
Tabela 6 – Teste t Método B no 3º estágio. UTFPR , Campus Toledo, 2017.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
1.1 GERAL	02
1.2 ESPECÍFICOS	02
2 REFERENCIAL TEÓRICO	03
2.1 PROCESSO DE LAVAGEM DE GARRAFAS	03
2.2 LAVADORA DE GARRAFAS	03
2.3 TITULOMETRIA	06
2.4 CONDUTIMETRIA	07
2.5 TESTE t.....	08
3 MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1 REAGENTES	10
3.2 METODOLOGIA.....	10
3.2.1 Determinação Da Correlação Entre as Concentrações de NaOH e a Condutividade Elétrica	10
3.2.2 Monitoramento da Concentração de NaOH Pela Titulometria e Pela Condutimetria Nos Banhos da Lavadora de Garrafas	10
4 RESULTADOS	11
4.1 CORRELAÇÃO ENTRE AS METODOLOGIAS	11
4.2 AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NaOH E A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NO ESTÁGIO 1	12
4.3 AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NaOH E A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NO ESTÁGIO 2	16
4.4 CORRELAÇÃO ENTRE A CONDUTIVIDADE E A CONCENTRAÇÃO NO 3º ESTÁGIO	19
4.5 DETERMINAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO E A CONDUTIVIDADE NO ESTÁGIO 4	23
5 CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS	25
ANEXOS	

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas mais antigas do mundo. É obtida pela fermentação alcoólica do mosto do malte de cevada e água potável, por ação de leveduras e com adição de lúpulo. Foram os romanos que começaram a usar as denominações cervisia ou cerevisia para a bebida, em homenagem a Ceres, deusa da agricultura e da fertilidade (CERVESIA – 2003). É a segunda bebida mais consumida no mundo, perdendo apenas para o chá. O Brasil ocupa o 17º lugar mundial em consumo de cerveja, com cerca de 62 L/(habitante.ano) (12,1 milhões litros/ano) em 1º lugar está a República Tcheca com 143 L/(habitante.ano) (1,5 bilhões litros/ano), 2º lugar Alemanha, 110 L/(habitante.ano) (8,9 bilhões litros/ano), 3º Áustria, 104 L/(habitante.ano) (135 milhões litros/ano). (SEBRAE - 2017).

Hoje a cerveja é produzida em grande escala. Sua produção é armazenada em latas e garrafas. As garrafas são retornáveis, ou seja, são utilizadas novamente após um processo de lavagem, onde todos os rótulos e sujidades são retirados para que quando forem envasadas, possam fornecer um produto de qualidade ao consumidor.

Para que essa limpeza seja realizada utiliza-se um equipamento conhecido como lavadora de garrafas. Nesta lavadora, as garrafas entram sujas como chegaram do consumidor e passam por quatro banhos de lavagem adicionadas de aditivos e esguichos de água para que possam sair da lavadora limpas.

Atualmente, o monitoramento da concentração de NaOH nos banhos de lavagem é realizada coletando-se amostras que são encaminhadas ao laboratório e determinadas por meio de titulação ácido-base. Este método envolve a demanda de mão-de-obra, desde a coleta das amostras até o momento da titulação, além de tempo, pois implica em preparação de vidrarias e reagentes.

Assim, torna-se interessante o desenvolvimento de uma metodologia que possibilite uma determinação mais rápida e confiável da concentração de NaOH. Uma opção é empregar a condutividade elétrica como parâmetro para monitorar a concentração de NaOH nestes banhos, diminuindo as operações de laboratório.

O trabalho em questão possui os seguintes objetivos:

1.1 GERAL

Estudar a aplicação da condutividade elétrica como parâmetro de controle da concentração de NaOH nos banhos da lavadora de garrafas de uma indústria cervejeira.

1.2 ESPECÍFICOS

- Estudar a correlação entre a condutividade elétrica e a concentração de NaOH.
- Relacionar dados de concentração de NaOH determinado por titulometria e pela condutividade elétrica obtidos nos banhos da lavadora de garrafas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROCESSO DE LAVAGEM DE GARRAFAS

Após todo o processo de fabricação da cerveja, ela é destinada à embalagem, podendo ser em latas ou garrafas. As garrafas antes do processo de engarrafamento necessitam de lavagem.

Para que o envasamento seja realizado nas condições desejáveis, torna-se necessário que os vasilhames que são recebidos passem por um processo de inspeção e lavagem para que sejam retiradas aquelas que estejam fora das especificações para uso, ou seja as garrafas que estejam quebradas, trincadas, lascadas, lixadas, sujas ou com material de difícil remoção como tintas e cimento.

Para a lavagem das garrafas utiliza-se soda cáustica que é o detergente mais utilizado na limpeza de garrafas, pois a mesma dissolve a sujidade orgânica. Sua ação é mais eficaz em altas temperaturas (CERVESIA, 2003).

Suas principais vantagens são:

- Não corrói o ferro e atua como lubrificante;
- Rápida solubilidade e extração de rótulos;
- Propriedades bactericidas;

Para melhor eficiência na lavagem das garrafas utiliza-se aditivos, em quantidades balanceadas que permitem a remoção de sujidades, incrustações e podem inibir o ataque da soda cáustica às garrafas aumentando a vida útil das mesmas (BEGA, 2011).

2.2 LAVADORA DE GARRAFAS

O processo de limpeza é realizado em uma lavadora de garrafas, onde as garrafas são colocadas na esteira da lavadora que lavam as mesmas por processo de mergulho e esguicho com jatos de água quente e fria. As garrafas são transportadas por esteira e passam por diferentes tanques que contêm soluções alcalinas esterilizantes com temperaturas que variam entre 40 e 70 °C. A seguir são submetidas a um enxague interno e externo com água em temperatura ambiente. Após a limpeza e inspeção são encaminhadas às enchedoras que operam sob condições isobarométricas (ESTEVES, et.al, 2010).

Existem dois tipos de lavadoras que podem ser utilizadas neste processo. A Lavadora tipo “single end” e a Lavadora tipo “double end” demonstradas na Figura 1.

A lavadora tipo “single end” é a lavadora em que as garrafas entram e saem da máquina pelo mesmo lado.

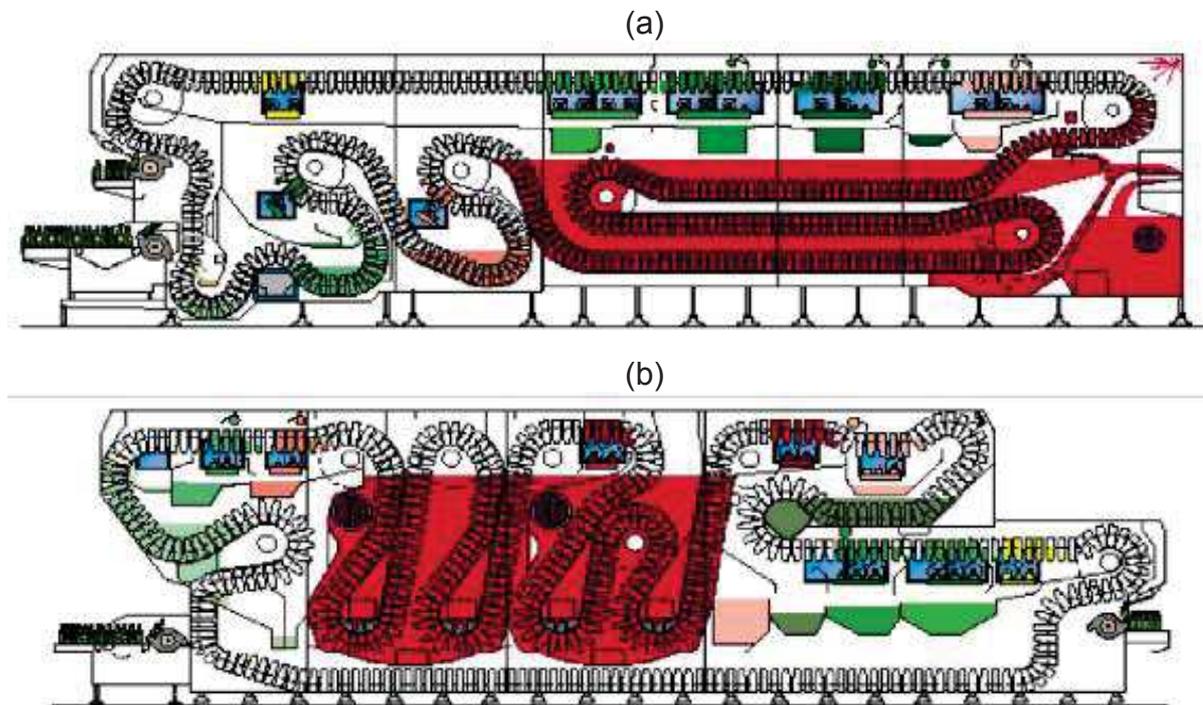


Figura 1: Esquema representativo da lavadora de garrafas (a) Single End e (b) Double End.

Fonte : Máquina Industrial, 2003.

A lavadora tipo “double end” é a lavadora em que as garrafas entram por uma extremidade e saem pela outra ponta. No referido trabalho a lavadora utilizada é a “double end”.

Antes que se inicie a produção, deve-se verificar os níveis dos tanques, pois disso depende o tempo de imersão das garrafas, essa verificação pode ser feita através de sensores de níveis. Logo após a verificação do nível, deve-se ajustar a temperatura dos banhos, que deve ser feita com a máquina em operação (ESTEVES, et.al, 2010). A lavagem das garrafas é feita em 4 etapas conforme demonstrada na Figura 2:



Figura 2: Fluxograma de passagem de garrafas pelos banhos da lavadora.

Fonte : Autoria própria

No 1º estágio ocorre o pré – enxágue. Aqui as garrafas são esvaziadas e pré-enxaguadas interna e externamente com o objetivo de eliminar a sujidade mais grosseira e pré-aquecer o conjunto. As garrafas com sujidade pesada devem ser separadas para limpeza manual para posterior entrada na máquina (INAB – 2017).

No 2º estágio ocorre a lavagem das garrafas. Nessa etapa as garrafas entram no banho de imersão. O tempo de permanência com a solução de limpeza depende do grau de sujidade das garrafas, existência e tipo de rótulos, tipo de produto a ser envasado, temperatura e concentração das soluções dos banhos que dependem do número de tanques da máquina (INAB – 2017).

Para que a lavadora tenha sempre um desenvolvimento adequado ao que se é esperado, devem ser efetuadas análises frequentes da concentração da solução de limpeza para possível reforço da solução. Para a extração dos rótulos utiliza-se um sistema de bombas de alto fluxo e baixa pressão, que fazem a solução de NaOH passar através de tambores rotativos construídos em chapas perfuradas. Os rótulos deverão sair inteiros, evitando que formem polpa de papel (INAB -2017)

No 3º estágio ocorre o enxágue da solução de limpeza. Nessa etapa se faz o enxágue das garrafas com água morna e resfriamento das mesmas através de banhos de água de recirculação para a retirada de soda cáustica das garrafas e dos ninhos. Ocorre o enxágue interno e externo com uma grande quantidade de água a baixa pressão. O banho que recolhe a água de enxague é de natureza alcalina permanentemente renovado por esses jatos de água limpa, esta água coletada do banho de enxague da solução de limpeza é bombeado para o jato de pré-enxague utilizando esta água sobre as garrafas sujas etiquetadas que entram na lavadora (INAB – 2017).

No 4º estágio ocorre o enxague final. O último enxague é feito com água clorada por meio de um conjunto triplo de barras perfuradas rotativas, em que os jatos dos enxaguadores acompanham o bocal da garrafa.

Para a realização do controle das garrafas lavadas é necessária uma análise conhecida como arraste de soda onde deve-se efetuar o teste da fenolftaleína em pelo menos 6 garrafas, variando os ninhos da lavadora a cada 2 horas (ESTEVES et.al., 2010).

Durante a realização do procedimento da lavagem podem ocorrer problemas gerados pelo grande fluxo de garrafas inseridas na lavadora e também problemas mecânicos e de operação da máquina como demonstrados no Quadro 1 a seguir (DUNN, 2013).

Quadro 1: Problemas e prováveis causas ocorridos na lavagem de garrafas.

PROBLEMAS NA LAVAGEM	PROVÁVEIS CAUSAS
ARRASTE DE SODA	<ul style="list-style-type: none"> • Ninhos ou pentes fora de alinhamento. • Velocidade elevada da lavadora. • Água com pressão insuficiente
GARRAFAS MAL LAVADAS	<ul style="list-style-type: none"> • Pressão ou volume de água insuficiente. • Ninhos ou pentes fora de alinhamento (jateadores descentralizados). • Obstrução de jateadores. • Concentração e temperaturas baixas. • Nível de tanques baixos
GARRAFAS MANCHADAS	<ul style="list-style-type: none"> • Dureza elevada da água. • Tempo de imersão excessivo (paradas prolongadas de linha). • Insuficiência de aditivos. • excessiva concentração de soda

Fonte : INAB – 2017

2.3 TITULOMETRIA

A titulometria inclui um grupo de métodos analíticos baseados na determinação da quantidade de um reagente de concentração conhecida que é requerida para reagir completamente com o analito. O reagente pode ser uma solução padrão de uma substância química ou uma corrente elétrica de grandeza conhecida (SKOOG et al., 2006).

Nesta análise volumétrica determina-se a concentração de uma solução através da titulação com outra solução de concentração conhecida. A titulometria de neutralização envolve a titulação de ácidos com uma solução padrão alcalina (alcalimetria) e a titulação de espécies alcalinas com ácidos (acidimetria). Utiliza-se um indicador ácido-base, para a verificação do ponto de viragem ou ponto final da titulação do método instrumental (VOGEL, 2004).

Esta solução padrão sempre será um ácido ou uma base forte, para que a visualização do ponto final seja mais nítida. Para que a escolha do indicador seja

adequada é necessário saber a maneira com que o pH varia nas imediações do ponto de equivalência, pois cada indicador possui um intervalo de valores de pH que ocorre a variação da coloração, ou seja, sua zona de transição (VOGEL, 2004).

Um indicador ácido-base é por si só um ácido ou uma base cujas diferentes espécies protonadas têm cores diferentes. Um dos indicadores mais comuns é a fenolftaleína, normalmente usada na sua transição incolor para rosa em pH 8,0 – 9,6 (SKOOG et al., 2006).

2.4 CONDUTIMETRIA

Condutimetria é um método de análise de íons que se baseia na medida da condutividade elétrica de uma solução. A condutividade que é o inverso da resistência, depende da concentração e natureza das várias espécies químicas presentes na solução, que definem a capacidade de transporte de carga que essa mesma solução apresenta (CIENFUEGOS et.al., 2000).

Um material apresenta condutividade elétrica quando possuir partículas carregadas que podem se mover livremente através do material. A análise baseia na condutância eletrolítica de soluções iônicas. Podendo ser direta: que se baseia numa única medida ou relativa (titulações), quando se mede variações de condutância e através dela obtém-se um ponto final (CIENFUEGOS et.al., 2000).

Para a realização da leitura da condutividade o eletrodo do condutivímetro, demonstrado na Figura 3 abaixo, deve ser calibrado com uma solução padrão analítica de cloreto de potássio (KCl).



Figura 03: Condutivímetro

Fonte: Disponível em <http://www.dpunion.com.br/blog/condutivimetro/>

2.5 TESTE T

O teste t-Student ou somente teste t é um teste de hipótese que usa conceitos estatísticos para rejeitar ou não uma hipótese nula quando a estatística de teste segue uma distribuição t-Student. Essa premissa é normalmente usada quando a estatística de teste, na verdade, segue uma distribuição normal, mas a variância da população é desconhecida. Nesse caso, é usada a variância amostral e, com esse ajuste, a estatística de teste passa a seguir uma distribuição t-Student (BOLFARINE, 2000).

O Teste t consiste em formular uma hipótese nula e conseqüentemente uma hipótese alternativa, calcular o valor de t conforme a fórmula apropriada e aplicá-lo à função densidade de probabilidade da distribuição t de Student medindo o tamanho da área abaixo dessa função para valores maiores ou iguais a t. Essa área representa a probabilidade da média dessas amostras em questão terem apresentado os valores observados ou algo mais extremo. Se a probabilidade desse resultado ter ocorrido for muito pequena, podemos concluir que o resultado observado é estatisticamente relevante. Essa probabilidade também é chamada de p-valor ou valor p. Conseqüentemente, o nível de confiança α é igual a $1 - p\text{-valor}$ (AYRES, 2012).

Normalmente é usado um "ponto de corte" para o p-valor ou para o nível de confiança para definir se a hipótese nula deve ser rejeitada ou não. Se o p-valor for menor que esse "ponto de corte" (Anexo A), a hipótese nula é rejeitada. Caso contrário, a hipótese nula não é rejeitada assim demonstrado na Figura 4 abaixo:

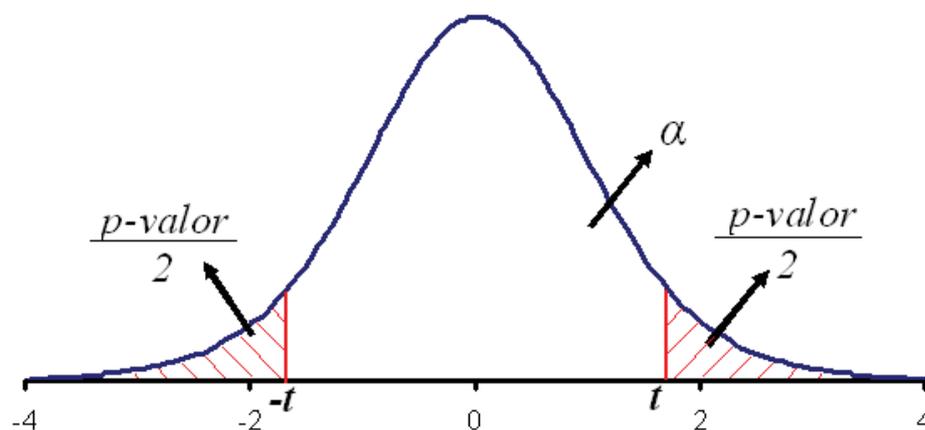


Figura 4: Função densidade de Probabilidade t de Student mostrando o ponto de corte para o p valor.

Fonte: Disponível em <http://www.portaaction.com.br/inferencia/52-teste-para-media-teste-t>

Amostras pareadas são consideradas em planejamentos nos quais são realizadas duas medidas na mesma unidade amostral, ou seja, dados pareados, onde a unidade é o seu próprio controle. Referimo-nos a observações pareadas também como amostras dependentes (RUMSEY, 2010).

O teste apropriado para a diferença entre médias de amostra pareadas consiste em determinar, primeiro, a diferença entre cada par de valores e então testar se a médias das diferenças é igual a zero. Considerando que as medidas tenham distribuição normal, a diferença entre elas também terá distribuição normal, portanto as distribuições t são apropriadas para testar a hipótese nula de que a média das diferenças é igual a zero. Os graus de liberdade são o número de unidades amostrais menos 1. Os valores da distribuição t podem ser consultadas em tabela como a apresentada no Anexo A, os quais são apresentados segundo os graus de liberdade e diferentes percentuais (RUMSEY, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 REAGENTES:

- NaOH
- HCl
- Fenolftaleína
- Cloreto de Bário 10%

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Determinação da correlação entre a concentração de NaOH e a condutividade elétrica

Foram preparadas soluções de NaOH com concentrações de 0, 1, 2, 3 e 4%. Para cada solução, foi feita a leitura da condutividade elétrica utilizando um condutivímetro de bancada (CD 300 – Logen Científico). Foram plotados os dados de concentração de NaOH versus condutividade e ajustados a uma equação de reta usando o método dos mínimos quadrados. A equação obtida foi utilizada para correlacionar os dados obtidos na titulação real com os dados previstos, sendo denominado Método A.

3.2.2 Monitoramento da concentração de NaOH pela titulometria e pela condutimetria nos banhos da lavadora de garrafas.

Durante cinco meses, foram coletadas amostras dos quatro banhos da lavadora de garrafas de uma indústria cervejeira da região oeste do Paraná. Estas amostras foram coletadas diariamente no início do funcionamento da lavadora, para cada amostra foram determinadas as concentrações de NaOH pelo método da titulometria usando HCl (1,25 mol/L) como titulante, Cloreto de Bário 10% para eliminar possíveis interferências que possam estar na amostra e fenolftaleína como indicador, e a condutividade elétrica, usando um condutivímetro de bancada (CD 300 – Logen Científico) calibrado com uma solução padrão analítica de cloreto de potássio (KCl).

Os dados obtidos nos estágios, foram utilizados para gerar a equação da reta, que será aplicada aos resultados de condutividade para que assim possamos avaliar a correlação entre os dados reais e os calculados pela condutividade através desta equação, utilizou-se este modelo como Método B.

4 RESULTADOS

4.1 CORRELAÇÃO ENTRE AS METODOLOGIAS

Primeiramente, foi estudada a relação entre a concentração de soluções conhecidas de NaOH e suas respectivas condutividades. Na Figura 05 (Anexo B) são apresentados os dados e a respectiva curva ajustada.

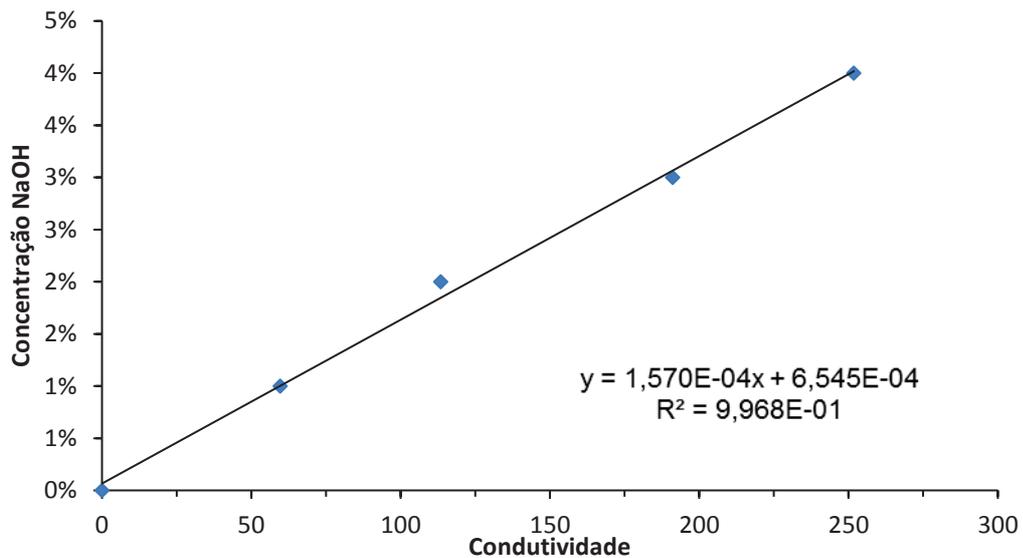


Figura 5: Curva ajustada da Concentração de NaOH e Condutividade

Pode-se observar que os dados estabeleceram uma excelente linearidade. A equação 1 apresenta o modelo linear ajustado, com um R^2 de 99,68%. Esta equação foi utilizada para estimar a concentração de NaOH pelo Método A.

$$C_{\text{NaOH}} = 1,570 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Condutividade} + 6,545 \cdot 10^{-4} \quad (1)$$

O outro método utilizado para estimar a concentração de NaOH (Método B) foi determinado utilizando os dados de concentração de NaOH e da Condutividade elétrica obtidos nas amostragens realizadas em cada estágio da lavadora de garrafas.

4.2 AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NaOH E A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NO ESTÁGIO 1

Quando as garrafas são encaminhadas para a lavagem, neste estágio, recebem jatos de água com alta pressão para a retirada de sujidades grosseiras, devido ao arraste realizado pelos nichos da lavadora, ocorre a presença de NaOH neste banho, onde pode chegar a um limite aceitável de 1,5%.

Na Figura 6 é apresentado um gráfico de monitoramento da concentração de NaOH e da condutividade elétrica das amostras do estágio 1.

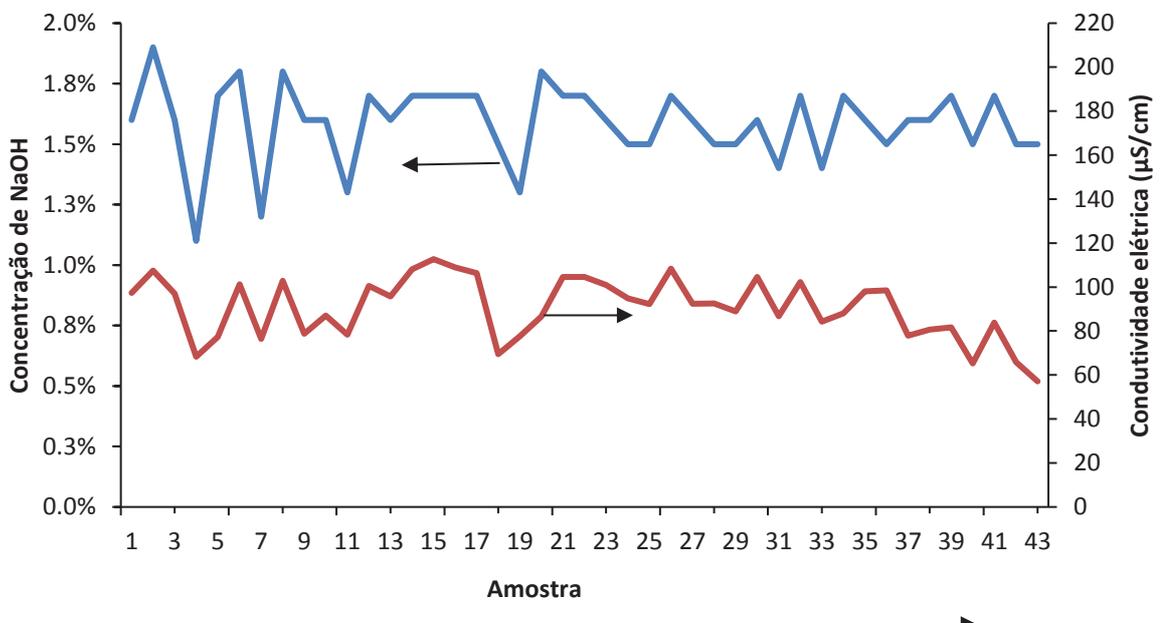


Figura 6: Gráfico de monitoramento da condutividade elétrica e concentração de NaOH no estágio 1

Pode-se notar que quando há uma elevação nos valores obtidos através da titulação, a condutividade elétrica, onde observa-se praticamente o mesmo comportamento, demonstrando uma semelhança entre os dados.

Na Figura 7 serão demonstrados os dados de correlação entre a concentração de NaOH e a condutividade elétrica.

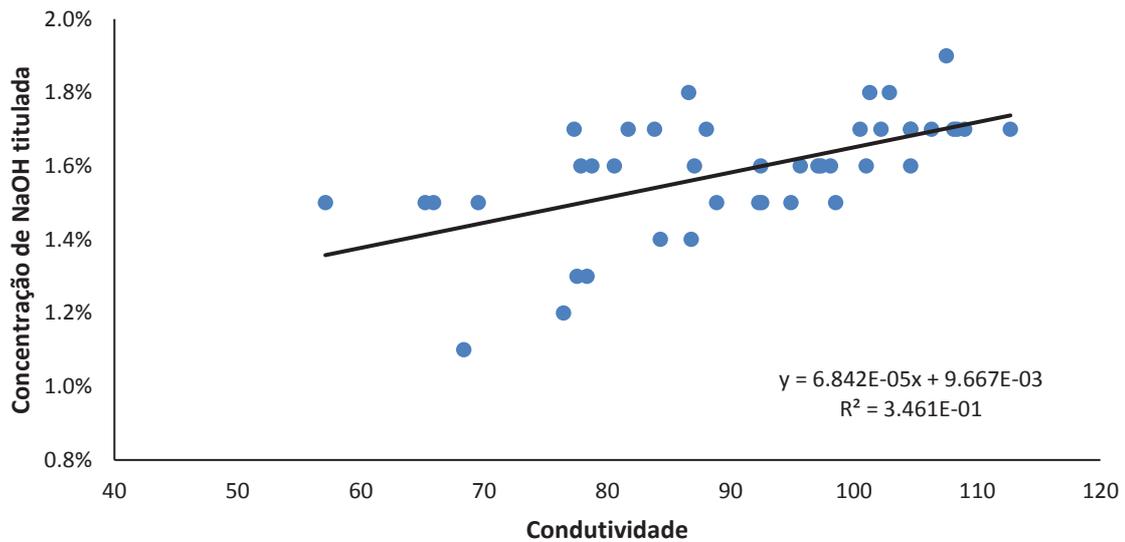


Figura 7: Curva ajustada da concentração de NaOH e a condutividade no 1º estágio

Pode-se observar que os dados estabeleceram uma linearidade. A equação 2 apresenta o modelo linear ajustado, com um R^2 de 34,61%. Esta equação foi utilizada para estimar a concentração de NaOH pelo Método B no primeiro estágio da lavadora de garrafas..

$$C_{\text{NaOH}} = 6,842 \cdot 10^{-5} \cdot \text{Condutividade} + 9,667 \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

A partir dos dados da condutividade elétrica, a concentração de NaOH foi estimada utilizando os Métodos A e B. Para cada amostra foi calculada a diferença entre a concentração de NaOH obtida por titulação e a estimada tanto pelo Método A quanto pelo Método B. Os resultados estão apresentados no Anexo C.

Na Figura 8 é apresentada a dispersão da diferença entre a concentração de NaOH determinada por titulação e a concentração de NaOH estimada pelos método A e Método B. Pode-se observar que as diferenças no método A estão alocados próximo a linha do zero na parte negativa dos dados e no método B, as diferenças estão dispersas em torno do zero.

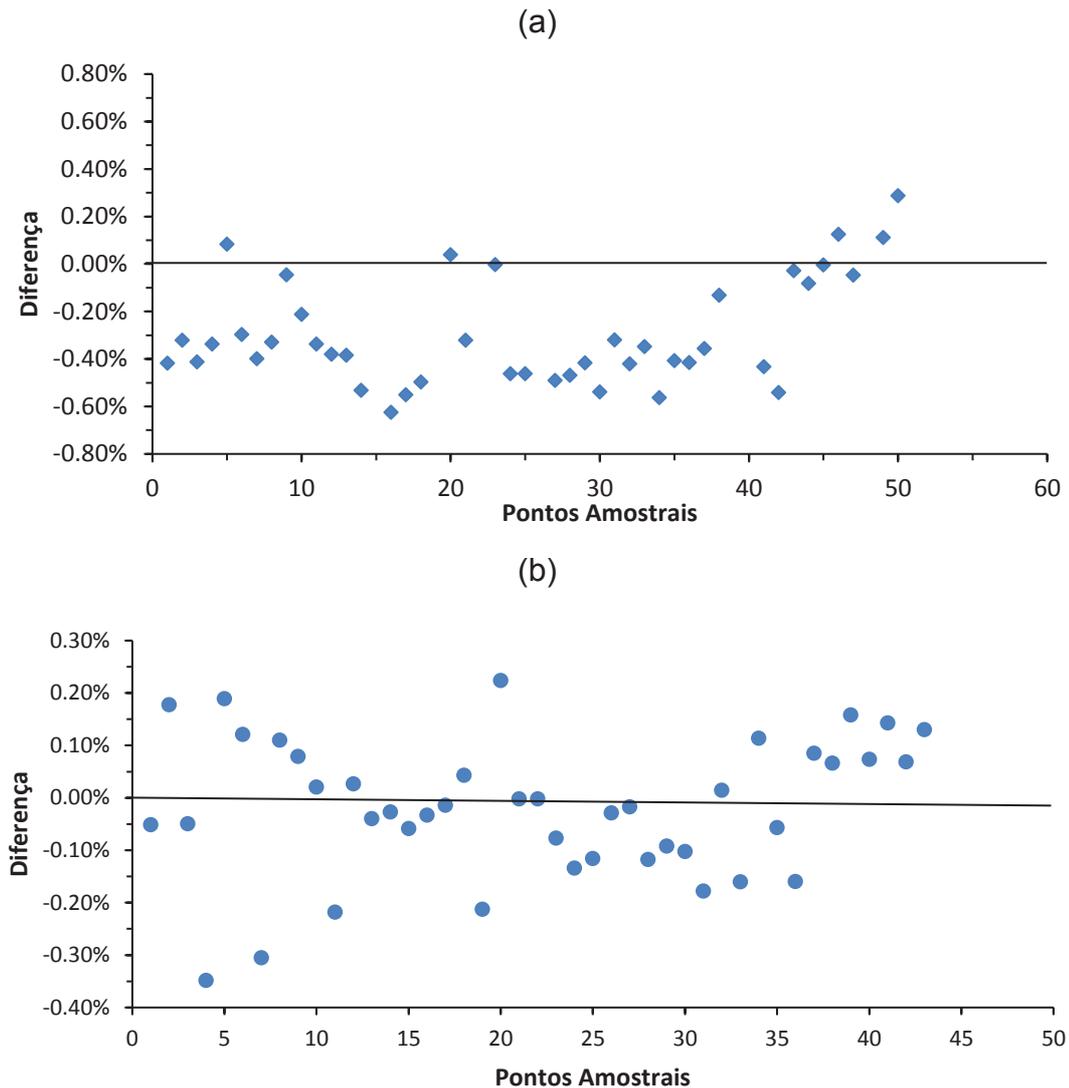


Figura 8: Dispersão da diferença entre a concentração de NaOH determinada por titulação e a concentração de NaOH estimada por : (a) método A e (b) Método B.

Ao avaliar as diferenças entre os métodos, percebe-se que os dados não são tendenciosos pois estão dispersos ao longo do eixo x. No método A, o erro apresentado é sempre o mesmo, negativo, em todos os dados apresentados e no método B, estão muito mais dispersos, ou seja, os dados não são tendenciosos.

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados do teste t para amostras pareadas utilizando o Método A e Método B, respectivamente. Deseja-se saber se há diferença significativa entre as médias das distribuições normais de duas populações.

Tabela 1: Teste t para amostras pareadas Método A

	<i>NaOH tit</i>	<i>NaOH cond Método A</i>
Média	0,01586	0,01486
Variância	2,59911E-06	4,73695E-06
Observações	43	43
Correlação de Pearson	0,58829	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	42	
Stat t	3,63631	
P(T<=t) bi-caudal	0,00074931	
t crítico bi-caudal	2,01808	

Tabela 2: Teste t para amostras pareadas Método B

	<i>NaOH tit</i>	<i>NaOH cond Método B</i>
Média	0,01586	0,01586
Variância	2,59911E-06	8,99633E-07
Observações	43	43
Correlação de Pearson	0,58829	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	42	
Stat t	-0,00212	
P(T<=t) bi-caudal	0,99831	
t crítico bi-caudal	2,01808	

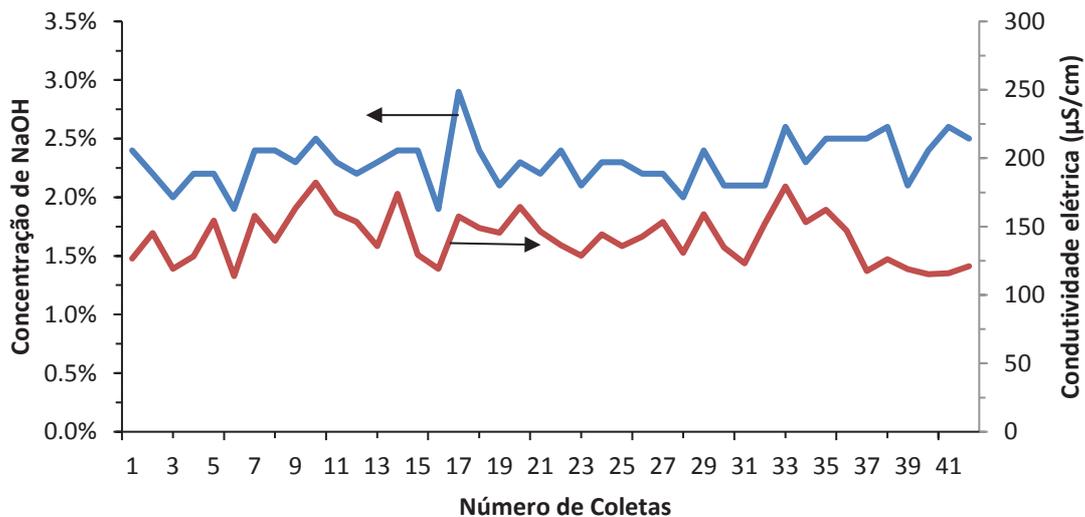
Percebe-se que as médias são diferentes quando comparadas com o Método A e ao analisar o *p valor*, vemos que podemos afirmar com 95% de significância que se rejeita H_0 , ou seja, há diferença entre a metodologia de titulação e a de condutimetria no método A.

No método B, as médias são mais parecidas e como o valor estatístico de *t* dentro dos limites aceitáveis, pode se afirmar com 95% de significância que aceita-se H_0 , ou seja, as médias podem ser consideradas iguais nas duas metodologias.

Assim, a equação 2 pode ser utilizada para a estimativa da concentração de NaOH a partir da condutividade da solução no primeiro estágio.

4.3 AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NaOH E DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NO ESTÁGIO 2

O segundo estágio da lavadora de garrafas é o local onde a solução de soda cáustica (NaOH) é adicionada para a realização da lavagem. Aqui ocorre um banho de imersão, onde a concentração da solução é ajustada conforme a sujidade das garrafas, sendo no máximo 2,5 %. Para avaliar a correlação entre a concentração e a condutividade plotamos os dados demonstrados na Figura 9 abaixo (ANEXO D):



Figura

9: Gráfico de monitoramento da condutividade elétrica e concentração de NaOH no estágio 2

Observa-se que as curvas seguem praticamente os mesmos picos, uma acompanhando a outra, demonstrando uma boa relação entre os dados de concentração de NaOH e Condutividade elétrica.

Na Figura 10 serão demonstrados os dados de correlação entre a concentração de NaOH e a condutividade elétrica

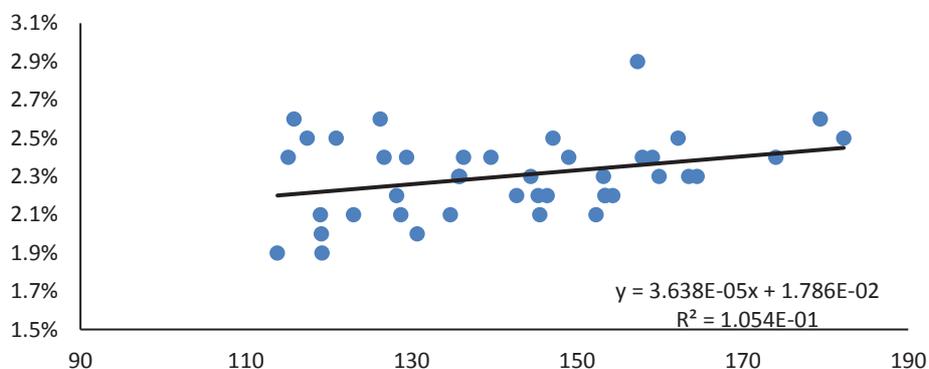


Figura 10: Curva ajustada da concentração de NaOH e a condutividade no 2º estágio

Pode-se observar que os dados estabeleceram uma linearidade. A equação 3 apresenta o modelo linear ajustado, com um R^2 de 10,54%. Esta equação foi utilizada para estimar a concentração de NaOH pelo Método B no segundo estágio da lavadora de garrafas.

$$C_{\text{NaOH}} = 3,638 \cdot 10^{-5} \cdot \text{Condutividade} + 1,786 \cdot 10^{-2} \quad (3)$$

Na Figura 11, avaliamos as diferenças referentes ao método de análise A e B, onde estão dispersos no eixo x aleatoriamente.

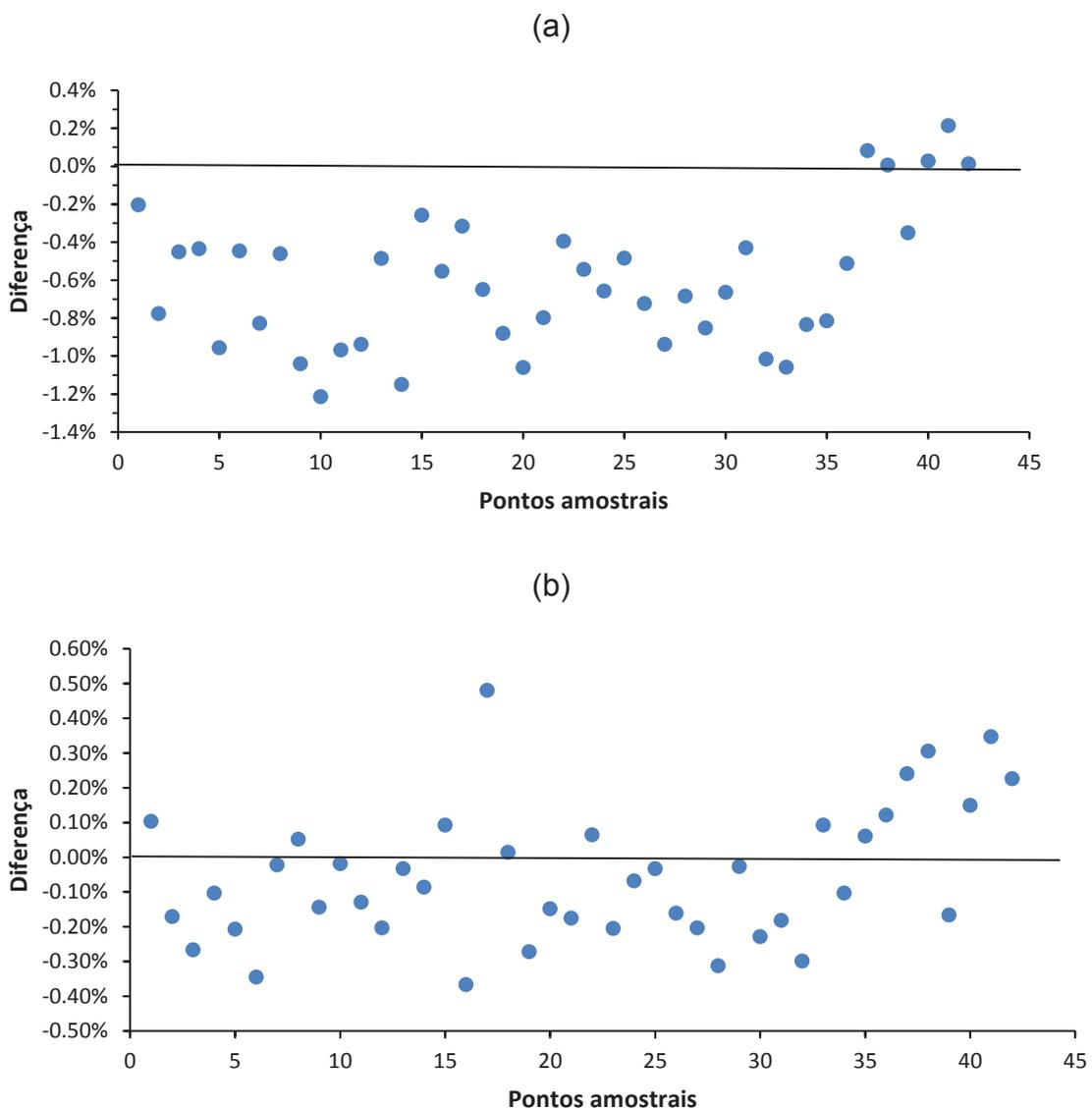


Figura 11: Dispersão da diferença entre a concentração de NaOH determinada por titulação e a concentração de NaOH estimada por : (a) método A e (b) Método B no 2º estágio

As diferenças relacionados ao método B, estão representados na Figura 11-a, onde percorrem ao longo do eixo x com valores positivos e negativos, sendo bem dispersos, a variabilidade das diferenças no Método B em relação ao Método A são bem menores.

Na Tabela 3 serão apresentadas as análises estatísticas referentes ao Método A, com aplicação do teste t.

Tabela 03: Teste t para amostras pareadas Método A para o 2º estágio

	<i>NaOH tit</i>	<i>NaOH cond Método A</i>
Média	0,02302	0,02294
Variância	4,21893E-06	8,28362E-06
Observações	42	42
Correlação de Pearson	0,32467	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	41	
Stat t	0,17980	
P(T<=t) bi-caudal	0,85819	
t crítico bi-caudal	2,01954	

Para a realização da análise do teste t através do Método A, conforme demonstrado na Tabela 03, percebe-se uma semelhança entre as médias e o valor t calculado apresentou-se menor que o valor tabelado. Assim, aceita-se a hipótese nula H_0 , ou seja, as médias das populações são consideradas iguais.

Na Tabela 4, são apresentados os dados referentes ao resultado estatístico do método B.

Tabela 04: Teste t para amostras pareadas Método B para o 2º estágio

	<i>NaOH tit</i>	<i>NaOH cond Método B</i>
Média	0,02302	0,02302
Variância	4,21893E-06	4,44781E-07
Observações	42	42
Correlação de Pearson	0,32467	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	41	
Stat t	-0,00226	
P(T<=t) bi-caudal	0,99820	
t crítico bi-caudal	2,01954	

Com a aplicação no Método B da equação 3, a um nível de significância de 95%, podemos afirmar que aceitamos a hipótese nula, ou seja as médias são iguais.

4.4 CORRELAÇÃO ENTRE CONDUTIVIDADE E CONCENTRAÇÃO NO 3º ESTÁGIO

No 3º estágio da lavadora de garrafas, onde ocorre o enxágue da solução de limpeza. Na Figura 12 é apresentado o gráfico do monitoramento da concentração de NaOH e da condutividade elétrica para as amostras deste estágio. A concentração máxima do banho pode chegar a 1,5%. Entretanto, pode-se observar que há pontos em que este limite não é respeitado, podendo ser causado pelo grande arraste de solução que ocorre no interior da lavadora. Verifica-se também que a variação dos dados de concentração de NaOH também ocasiona uma variação nos dados obtidos de condutividade (ANEXO E).

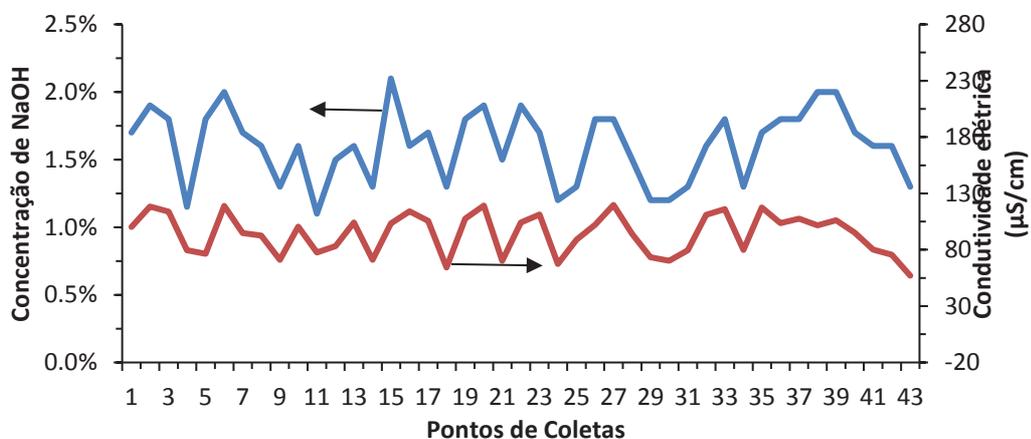


Figura 12: Gráfico de monitoramento da condutividade elétrica e concentração de NaOH no estágio 3

Na Figura 13 são demonstrados os dados de correlação entre a concentração de NaOH e a condutividade elétrica para o estágio 3.

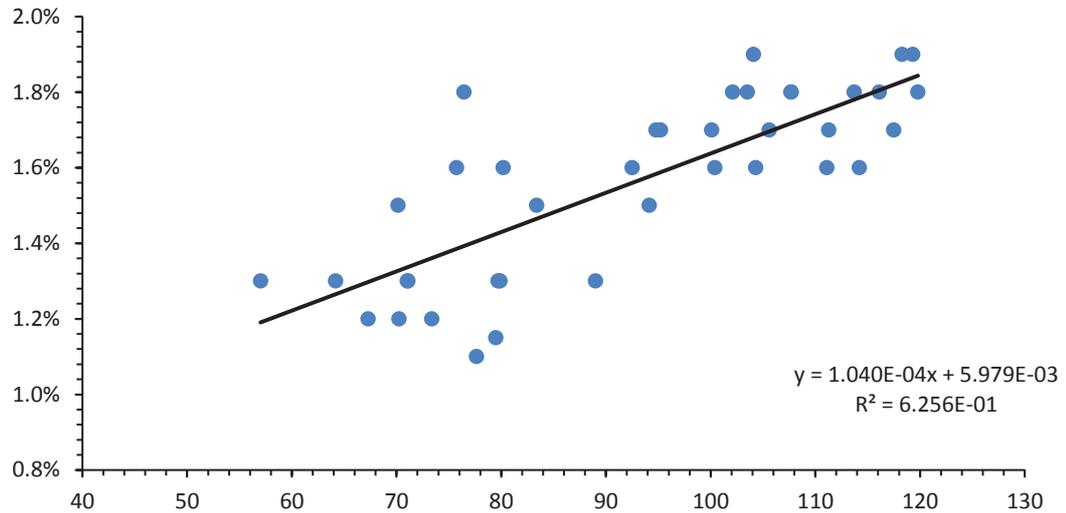


Figura 13: Curva ajustada da concentração de NaOH e a condutividade no 3º estágio

Os dados estabeleceram uma linearidade. A equação 4 apresenta o modelo linear ajustado, com um R^2 de 62,56%. Esta equação foi utilizada para estimar a concentração de NaOH pelo Método B no terceiro estágio da lavadora de garrafas.

$$C_{\text{NaOH}} = 1,040 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Condutividade} + 5,979 \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

Na figura 14 serão apresentadas as diferenças resultantes dos métodos.

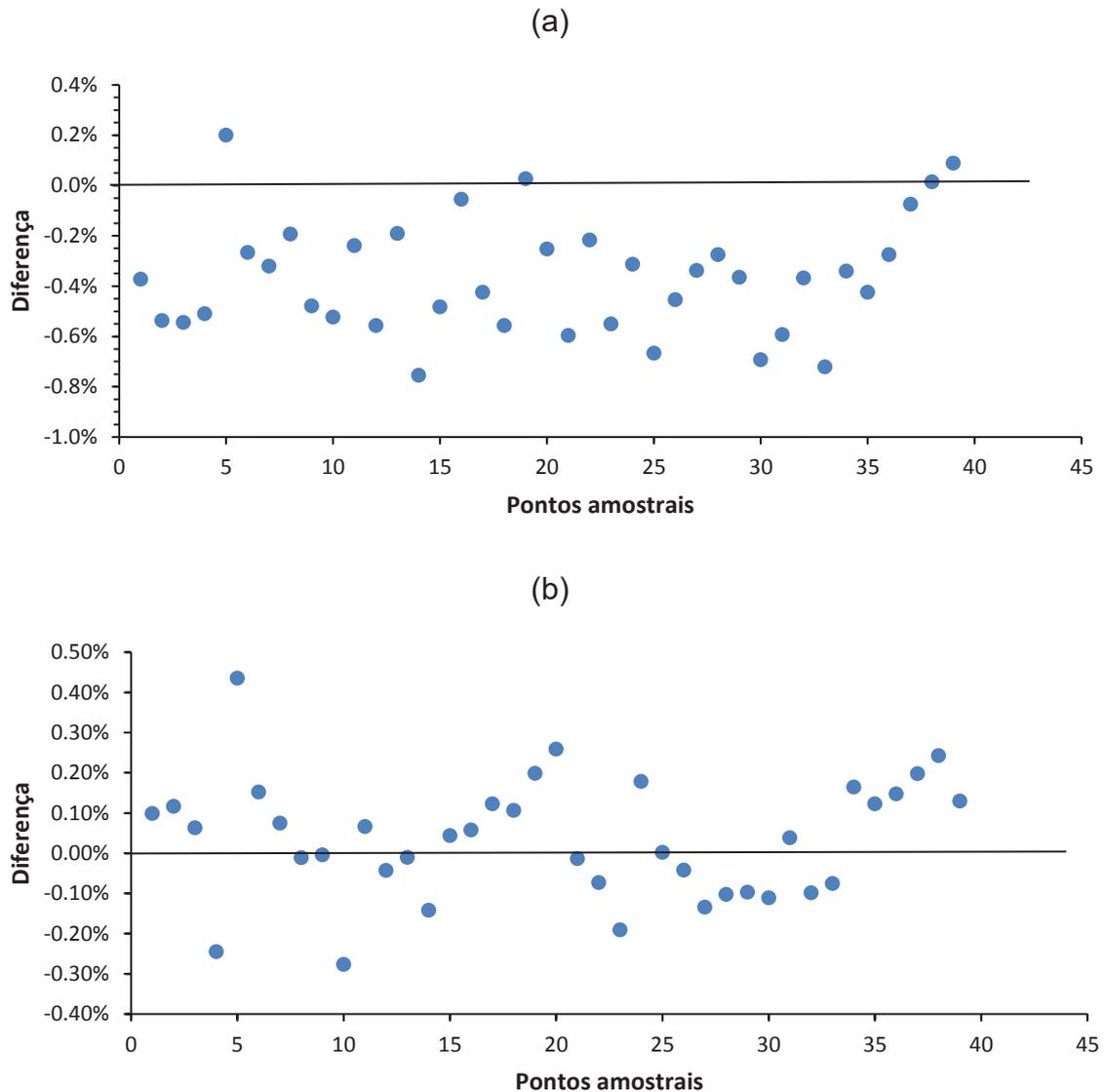


Figura 14: Dispersão da diferença entre a concentração de NaOH determinada por titulação e a concentração de NaOH estimada por : (a) método A e (b) Método B no 3º estágio

Pode-se observar que os erros estão dispostos ao longo do eixo, não sendo tendenciosos, porém ao avaliar o método B, observa-se que estas diferenças estão distribuídas ao redor do zero e não abaixo conforme demonstrado no método A, significando que o erro é sempre no mesmo sentido.

Na tabela 05 é apresentado o resultado estatístico referente ao Método A, quando aplicamos o teste t.

Tabela 05: Teste t para amostras pareadas Método A para o 3º estágio

	<i>NaOH tit</i>	<i>NaOH cond Método A</i>
Média	0,01562	0,01522
Variância	5,75945E-06	8,2138E-06
Observações	39	39
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	1,43476	
P(T<=t) bi-caudal	0,15953	
t crítico bi-caudal	2,02439	

Avaliando os resultados obtidos utilizando a equação 1 para estimar a concentração de NaOH, analisados no teste t, no Método A, tem-se que aceita-se a hipótese nula, H_0 , ou seja as médias podem ser consideradas iguais.

A Tabela 6 é apresentado o resultado estatístico referente ao Método B, quando aplicamos o teste t.

Tabela 6: Teste t para amostras pareadas Método B para o 3º estágio

	<i>NaOH tit</i>	<i>NaOH cond Método B</i>
Média	0,01562	0,01563
Variância	5,75945E-06	3,6042E-06
Observações	39	39
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	-0,00859	
P(T<=t) bi-caudal	0,99318	
t crítico bi-caudal	2,02439	

Na avaliação do método B, observa-se que aceita-se a hipótese nula, H_0 , ou seja as médias podem ser consideradas iguais, neste caso a equação 4 pode ser utilizada para estimar a concentração de NaOH.

4.5 DETERMINAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE A CONCENTRAÇÃO E A CONDUTIVIDADE NO ESTÁGIO 4

Neste último estágio da lavadora, ocorre o enxágue de água com cloro livre para a retirada de todos os resíduos da solução de limpeza que possa estar presente nas garrafas. Aqui preconiza-se 0% de concentração de soda cáustica, pois após este banho as garrafas são encaminhadas para o envase. Na Figura 15 é apresentado o monitoramento da concentração de NaOH e Condutividade elétrica para esse estágio. Pode-se observar que a concentração de NaOH foi praticamente 0%, enquanto que a condutividade elétrica foi inferior a 2,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

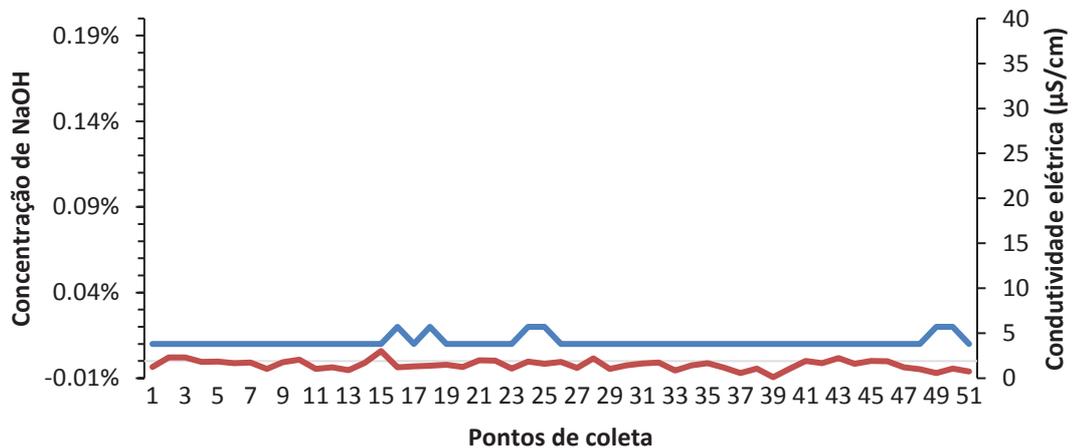


Figura 15: Gráfico de monitoramento da condutividade elétrica e concentração de NaOH no estágio 4

As análises estatísticas não serão apresentadas pois os pontos são praticamente 0 e não foram representativos para o objetivo deste estudo (ANEXO F).

5 CONCLUSÃO

Neste estudo de caso avaliou-se a correlação entre a condutividade elétrica e a concentração de NaOH, em banhos da lavadora de garrafas de uma indústria cervejeira. Foi observado que o comportamento da concentração de NaOH foi semelhante ao comportamento da condutividade elétrica para os diferentes estágios de lavagem. A equação linear obtida a partir da condutividade de soluções diluídas de NaOH (Método A) não foi aplicável ao primeiro estágio mas pode ser utilizada nos estágios 2 e 3. Entretanto, quando a concentração de NaOH foi estimada utilizando-se as equações lineares obtidas dos dados experimentais de concentração de NaOH e condutividade para cada estágio (Método B) obteve-se valores mais próximos dos valores experimentais. Assim, a condutividade pode ser utilizada como um parâmetro para a estimativa da concentração de NaOH nos banhos da lavadora de garrafas.

REFERÊNCIAS

AYRES, Manuel. **Elementos de Bioestatística** 2.ed. Belém-pa: 2012

BEGA, E. A. **Instrumentação Industrial**. 3º.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

BOLFARINE, Heleno; SANDOVAL, Mônica Carneiro. **Introdução à Inferência Estatística**. São Paulo: SBM,2000.

CERVESIA, disponível em ><https://www.cervesia.com.br/><. Acessado em 16/04/2003.

CIENFUEGOS, Freddy, DELMO S. Vaitsman. **Análise Instrumental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.

DPUNION, Disponível em ><http://www.dpunion.com.br/blog/condutivimetro/>< .Acessado em 24/03/2017.

DUNN, W. C. **Fundamentos de instrumentação industrial e controle de processos**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ESTEVES, Edmilson. F; MOURA, Leandro. **Avaliação de Desperdícios e Perdas de Matéria-Prima no Processo Produtivo de uma Fábrica de Bebidas**. VII SEGET, 2010.

INAB – Indústria Nacional de Bebidas, disponível em ><http://www.inab.com.br/><. Acessado em 20/03/2017.

MÁQUINA INDUSTRIAL, disponível em > <https://www.maquinaindustrial.com.br/><. Acessado em 25/03/2017.

PORTAL ACTION, disponível em ><http://www.portalaction.com.br/inferencia/52-teste-para-media-teste-t><. Acessado em 23/03/2017

RUMSEY, Deborah, **Estatística para Leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2010.

SEBRAE, disponível em ><https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae><. Acessado em 23/03/2017.

SKOOG, Douglas A. II, **Fundamentos da Química Analítica**. São Paulo: Thomson, 2006.

VOGEL, J. Mendham, **Análise Química Quantitativa**. São Paulo: LTC, 2004.

ANEXOS

Anexo A – Tabela teste T

Tabela teste de tukey (5% de significância)

GL(resid)	Numero de grupos no tratamento								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	3,64	4,6	5,22	5,67	6,03	6,33	6,58	6,8	6,99
6	3,46	4,34	4,9	5,3	5,63	5,9	6,12	6,32	6,49
7	3,34	4,16	4,68	5,06	5,36	5,61	5,82	6	6,16
8	3,26	4,04	4,53	4,89	5,17	5,4	5,6	5,77	5,92
9	3,2	3,95	4,41	4,76	5,02	5,24	5,43	5,59	5,74
10	3,15	3,88	4,33	4,65	4,91	5,12	5,3	5,46	5,6
11	3,11	3,82	4,26	4,57	4,82	5,03	5,2	5,35	5,49
12	3,08	3,77	4,2	4,51	4,75	4,95	5,12	5,27	5,39
13	3,06	3,73	4,15	4,45	4,69	4,88	5,05	5,19	5,32
14	3,03	3,7	4,11	4,41	4,64	4,83	4,99	5,13	5,25
15	3,01	3,67	4,08	4,37	4,59	4,78	4,94	5,08	5,2
16	3	3,65	4,05	4,33	4,56	4,74	4,9	5,03	5,15
17	2,98	3,63	4,02	4,3	4,52	4,7	4,86	4,99	5,11
18	2,97	3,61	4	4,28	4,49	4,67	4,82	4,96	5,07
19	2,96	3,59	3,98	4,25	4,47	4,65	4,79	4,92	5,04
20	2,95	3,58	3,96	4,23	4,45	4,62	4,77	4,9	5,01
24	2,92	3,53	3,9	4,17	4,37	4,54	4,68	4,81	4,92
30	2,89	3,49	3,85	4,1	4,3	4,46	4,6	4,72	4,82
40	2,86	3,44	3,79	4,04	4,23	4,39	4,52	4,63	4,73
120	2,8	3,36	3,68	3,92	4,1	4,24	4,36	4,47	4,56
>120	2,77	3,31	3,63	3,86	4,03	4,17	4,29	4,39	4,47
	3,64	4,12	4,4	4,6	4,76	4,88	4,99	5,08	5,16

Anexo B

Dados de Condutividade e Concentração obtidos em laboratório

Condutividade [mS]	Concentração [%]
0,0514	0%
59,68	1%
113,5	2%
191,1	3%
251,8	4%

ANEXO C

Condutividade	NaOH _{tit}	NaOH _{cond}		Desvio	
		Método A	Método B	Método A	Método B
97,36	1,6%	2,02%	-0,42%	1,65%	-0,05%
107,5	1,9%	2,22%	-0,32%	1,72%	0,18%
97,1	1,6%	2,01%	-0,41%	1,65%	-0,05%
68,35	1,1%	1,44%	-0,34%	1,45%	-0,35%
77,3	1,7%	1,62%	0,08%	1,51%	0,19%
101,3	1,8%	2,10%	-0,30%	1,68%	0,12%
76,45	1,2%	1,60%	-0,40%	1,51%	-0,31%
102,9	1,8%	2,13%	-0,33%	1,69%	0,11%
78,73	1,6%	1,64%	-0,04%	1,52%	0,08%
87,06	1,6%	1,81%	-0,21%	1,58%	0,02%
78,34	1,3%	1,64%	-0,34%	1,52%	-0,22%
100,5	1,7%	2,08%	-0,38%	1,67%	0,03%
95,67	1,6%	1,98%	-0,38%	1,64%	-0,04%
108,1	1,7%	2,23%	-0,53%	1,73%	-0,03%
112,7	1,7%	2,32%	-0,62%	1,76%	-0,06%
109	1,7%	2,25%	-0,55%	1,73%	-0,03%
106,3	1,7%	2,20%	-0,50%	1,71%	-0,01%
69,54	1,5%	1,46%	0,04%	1,46%	0,04%
77,55	1,3%	1,62%	-0,32%	1,51%	-0,21%
86,59	1,8%	1,80%	0,00%	1,58%	0,22%
104,6	1,7%	2,16%	-0,46%	1,70%	0,00%
104,6	1,7%	2,16%	-0,46%	1,70%	0,00%
101	1,6%	2,09%	-0,49%	1,68%	-0,08%
94,9	1,5%	1,97%	-0,47%	1,63%	-0,13%
92,28	1,5%	1,92%	-0,42%	1,62%	-0,12%
108,4	1,7%	2,24%	-0,54%	1,73%	-0,03%
92,44	1,6%	1,92%	-0,32%	1,62%	-0,02%
92,52	1,5%	1,92%	-0,42%	1,62%	-0,12%
88,88	1,5%	1,85%	-0,35%	1,59%	-0,09%
104,6	1,6%	2,16%	-0,56%	1,70%	-0,10%
86,81	1,4%	1,81%	-0,41%	1,58%	-0,18%
102,2	1,7%	2,11%	-0,41%	1,69%	0,01%
84,29	1,4%	1,76%	-0,36%	1,56%	-0,16%
88,03	1,7%	1,83%	-0,13%	1,59%	0,11%
98,1	1,6%	2,03%	-0,43%	1,66%	-0,06%
98,52	1,5%	2,04%	-0,54%	1,66%	-0,16%
77,85	1,6%	1,63%	-0,03%	1,51%	0,09%
80,58	1,6%	1,68%	-0,08%	1,53%	0,07%
81,68	1,7%	1,70%	0,00%	1,54%	0,16%
65,21	1,5%	1,37%	0,13%	1,43%	0,07%
83,84	1,7%	1,75%	-0,05%	1,56%	0,14%
65,89	1,5%	1,39%	0,11%	1,43%	0,07%

ANEXO D

Condutividade	NaOH _{tit}	NaOH _{cond} Método A	Desvio Método A	NaOH _{cond} Método B	Desvio Método B
126,7	2,4%	2,6%	-0,2%	2,30%	0,10%
145,3	2,2%	3,0%	-0,8%	2,37%	-0,17%
119,1	2,0%	2,5%	-0,5%	2,27%	-0,27%
128,2	2,2%	2,6%	-0,4%	2,30%	-0,10%
154,3	2,2%	3,2%	-1,0%	2,41%	-0,21%
113,8	1,9%	2,3%	-0,4%	2,25%	-0,35%
157,9	2,4%	3,2%	-0,8%	2,42%	-0,02%
139,6	2,4%	2,9%	-0,5%	2,35%	0,05%
163,5	2,3%	3,3%	-1,0%	2,44%	-0,14%
182,2	2,5%	3,7%	-1,2%	2,52%	-0,02%
159,9	2,3%	3,3%	-1,0%	2,43%	-0,13%
153,4	2,2%	3,1%	-0,9%	2,40%	-0,20%
135,8	2,3%	2,8%	-0,5%	2,33%	-0,03%
174	2,4%	3,6%	-1,2%	2,49%	-0,09%
129,4	2,4%	2,7%	-0,3%	2,31%	0,09%
119,2	1,9%	2,5%	-0,6%	2,27%	-0,37%
157,3	2,9%	3,2%	-0,3%	2,42%	0,48%
149	2,4%	3,1%	-0,7%	2,39%	0,01%
145,5	2,1%	3,0%	-0,9%	2,37%	-0,27%
164,5	2,3%	3,4%	-1,1%	2,45%	-0,15%
146,4	2,2%	3,0%	-0,8%	2,38%	-0,18%
136,3	2,4%	2,8%	-0,4%	2,34%	0,06%
128,7	2,1%	2,6%	-0,5%	2,30%	-0,20%
144,4	2,3%	3,0%	-0,7%	2,37%	-0,07%
135,7	2,3%	2,8%	-0,5%	2,33%	-0,03%
142,7	2,2%	2,9%	-0,7%	2,36%	-0,16%
153,4	2,2%	3,1%	-0,9%	2,40%	-0,20%
130,7	2,0%	2,7%	-0,7%	2,31%	-0,31%
159,1	2,4%	3,3%	-0,9%	2,43%	-0,03%
134,7	2,1%	2,8%	-0,7%	2,33%	-0,23%
123	2,1%	2,5%	-0,4%	2,28%	-0,18%
152,3	2,1%	3,1%	-1,0%	2,40%	-0,30%
179,4	2,6%	3,7%	-1,1%	2,51%	0,09%
153,2	2,3%	3,1%	-0,8%	2,40%	-0,10%
162,2	2,5%	3,3%	-0,8%	2,44%	0,06%
147,1	2,5%	3,0%	-0,5%	2,38%	0,12%
117,4	2,5%	2,4%	0,1%	2,26%	0,24%
126,2	2,6%	2,6%	0,0%	2,29%	0,31%
119	2,1%	2,5%	-0,4%	2,27%	-0,17%
115,1	2,4%	2,4%	0,0%	2,25%	0,15%
115,8	2,6%	2,4%	0,2%	2,25%	0,35%
120,9	2,5%	2,5%	0,0%	2,27%	0,23%

ANEXO E

Condutividade	NaOH _{tit}	NaOH _{cond}		Desvio	
		Método A	Método A	Método B	Método B
100,1	1,7%	2,1%	-0,4%	1,60%	0,10%
118,3	1,9%	2,4%	-0,5%	1,78%	0,12%
113,7	1,8%	2,3%	-0,5%	1,74%	0,06%
79,47	1,2%	1,7%	-0,5%	1,39%	-0,24%
76,45	1,8%	1,6%	0,2%	1,36%	0,44%
94,8	1,7%	2,0%	-0,3%	1,55%	0,15%
92,5	1,6%	1,9%	-0,3%	1,53%	0,07%
71,1	1,3%	1,5%	-0,2%	1,31%	-0,01%
100,4	1,6%	2,1%	-0,5%	1,60%	0,00%
77,64	1,1%	1,6%	-0,5%	1,38%	-0,28%
83,39	1,5%	1,7%	-0,2%	1,43%	0,07%
104,3	1,6%	2,2%	-0,6%	1,64%	-0,04%
71,02	1,3%	1,5%	-0,2%	1,31%	-0,01%
114,2	1,6%	2,4%	-0,8%	1,74%	-0,14%
105,6	1,7%	2,2%	-0,5%	1,66%	0,04%
64,18	1,3%	1,4%	-0,1%	1,24%	0,06%
107,7	1,8%	2,2%	-0,4%	1,68%	0,12%
119,3	1,9%	2,5%	-0,6%	1,79%	0,11%
70,14	1,5%	1,5%	0,0%	1,30%	0,20%
104,1	1,9%	2,2%	-0,3%	1,64%	0,26%
111,3	1,7%	2,3%	-0,6%	1,71%	-0,01%
67,28	1,2%	1,4%	-0,2%	1,27%	-0,07%
89,01	1,3%	1,9%	-0,6%	1,49%	-0,19%
102,1	1,8%	2,1%	-0,3%	1,62%	0,18%
119,8	1,8%	2,5%	-0,7%	1,80%	0,00%
94,15	1,5%	2,0%	-0,5%	1,54%	-0,04%
73,37	1,2%	1,5%	-0,3%	1,33%	-0,13%
70,22	1,2%	1,5%	-0,3%	1,30%	-0,10%
79,69	1,3%	1,7%	-0,4%	1,40%	-0,10%
111,1	1,6%	2,3%	-0,7%	1,71%	-0,11%
116,1	1,8%	2,4%	-0,6%	1,76%	0,04%
79,87	1,3%	1,7%	-0,4%	1,40%	-0,10%
117,5	1,7%	2,4%	-0,7%	1,78%	-0,08%
103,5	1,8%	2,1%	-0,3%	1,64%	0,17%
107,7	1,8%	2,2%	-0,4%	1,68%	0,12%
95,21	1,7%	2,0%	-0,3%	1,55%	0,15%
80,18	1,6%	1,7%	-0,1%	1,40%	0,20%
75,73	1,6%	1,6%	0,0%	1,36%	0,24%
57,01	1,3%	1,2%	0,1%	1,17%	0,13%

ANEXO F

Condutividade	NaOH _{tit}	NaOH _{cond}	Desvio	NaOH _{cond}	Desvio
		Método A	Método A	Método B	Método B
1,263	0,0%	0,10%	-0,1%	0,55%	-0,54%
2,303	0,0%	0,12%	-0,1%	0,56%	-0,55%
2,298	0,0%	0,12%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,803	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,866	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,69	0,0%	0,10%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,726	0,0%	0,10%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,037	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,772	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,55%
2,075	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,017	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,221	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
0,9039	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,697	0,0%	0,10%	-0,1%	0,56%	-0,55%
3,02	0,0%	0,13%	-0,1%	0,57%	-0,56%
1,209	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,53%
1,305	0,0%	0,10%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,386	0,0%	0,10%	-0,1%	0,55%	-0,53%
1,478	0,0%	0,10%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,258	0,0%	0,10%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,99	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,968	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,082	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,849	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,54%
1,604	0,0%	0,10%	-0,1%	0,56%	-0,54%
1,805	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,148	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
2,221	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,018	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,437	0,0%	0,10%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,629	0,0%	0,10%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,74	0,0%	0,10%	-0,1%	0,56%	-0,55%
0,8561	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,419	0,0%	0,10%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,671	0,0%	0,10%	-0,1%	0,56%	-0,55%
1,179	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
0,5798	0,0%	0,08%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,064	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
0,1147	0,0%	0,07%	-0,1%	0,54%	-0,53%
1,039	0,0%	0,09%	-0,1%	0,55%	-0,54%
1,908	0,0%	0,11%	-0,1%	0,56%	-0,55%