



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

**GLYLLFF KENNYA CANUTHO DA SILVA**

**REUSO DA ÁGUA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE OSMOSE REVERSA  
EM VEÍCULOS ELÉTRICOS**

**CAMPINA GRANDE  
2019**

**GLYLLFF KENNYA CANUTHO DA SILVA**

**REUSO DA ÁGUA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE OSMOSE REVERSA  
EM VEÍCULOS ELÉTRICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Processos químicos industriais

Orientador: Profa. Dra. Pablícia Oliveira Galdino.

**CAMPINA GRANDE  
2019**

S586r Silva, Glylff Kenya Canutho da.  
Reuso da água proveniente do tratamento de osmose reversa em veículos elétricos [manuscrito] / Glylff Kenya Canutho da Silva. - 2019.  
30 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.  
"Orientação : Profa. Dra. Pablícia Oliveira Galdino, Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT."  
1. Osmose reversa. 2. Eletroquímica. 3. Baterias elétricas.  
4. Eletrólito. I. Título

21. ed. CDD 660





**GLYLLFF KENNYA CANUTHO DA SILVA**

**REUSO DA ÁGUA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE OSMOSE REVERSA  
EM VEÍCULOS ELÉTRICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação  
em Química Industrial da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito  
parcial à obtenção do título de bacharel  
em Química Industrial.

Área de concentração: Processos  
químicos industriais

Orientador: Profa. Dra. Pablícia Oliveira  
Galdino.

Aprovada em: 27/06/2019.

BANCA EXAMINADORA

Pablícia Oliveira Galdino

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Pablícia Oliveira Galdino (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Helvia W. Casullo de Araújo

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Helvia Walewska Casullo de Araújo  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Maria Elidiana Costa Lira

Prof<sup>ª</sup>. Me. Maria Elidiana Costa Lira  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pela força, determinação, saúde e coragem pra enfrentar esses longos anos de curso.

A meus pais Severina da Silva Alves e Luiz Canuto Alves, que assim como meu esposo Andrioni da Silva Farias e ao meu filho Azriel que caminharam ao meu lado com apoio e dedicação para que esse sonho fosse realizado.

Aos meus irmãos, Kettchenn, Aluskka, Wanessa, Rytchye e Kenno pelo exemplo de superação e companheirismo. À professora Elidiana Onofre, pelo apoio na disciplina lecionada que deu origem a esse trabalho. Como também aos meus amigos Jusmar, Beatriz, Jonathas, Fernanda, Fabrician e Bega pelo companheirismo durante todos esses anos. A Coteminas e ao meu supervisor Cristiano Guimarães por me ajudar na pesquisa e fornecimento de dados.

A professora Pablicia Galdino pela orientação e dedicação nas disciplinas lecionadas.

Agradeço.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>1.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	10
<b>1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	11
<b>2.1 Processos de osmose reversa: Definição e aplicação</b> .....	11
<b>2.2 Análises físico-química</b> .....	12
<b>2.2.1 pH</b> .....	12
<b>2.2.2 Condutividade</b> .....	13
<b>2.2.3 Densidade</b> .....	14
<b>2.3 Veículos nas industriais</b> .....	14
<b>2.4 Empilhadeiras Elétricas</b> .....	15
<b>2.5 Eletroquímica</b> .....	16
<b>2.6 Baterias Elétricas tracionarias de chumbo acido</b> .....	16
<b>2.7 Correção de eletrólitos</b> .....	18
<b>2.8 Eletrólito</b> .....	19
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
<b>3.1 Local de realização de trabalho</b> .....	20
<b>3.2 Água do reservatório e permeado da osmose reversa</b> .....	20
<b>3.3 Análises físico-químicas</b> .....	20
<b>3.3.1 pH</b> .....	20
<b>3.3.2 Condutividade elétrica</b> .....	21
<b>3.3.3 Densidade</b> .....	21
<b>3.4 Identificação das baterias</b> .....	21
<b>3.5 Adição de água nas baterias tracionaria de chumbo-ácido</b> .....	22
<b>3.6 Adição da água</b> .....	22
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	26
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	27
<b>ANEXO</b> .....	29



# REUSO DA ÁGUA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE OSMOSE REVERSA EM VEÍCULOS ELÉTRICOS

GLYLLFF KENNYA CANUTHO DA SILVA

## RESUMO

O frequente uso de veículos elétricos industriais exige periodicamente a adição de água em suas baterias, pois ao decorrer de sua utilização, o calor do uso contínuo, a solução evapora e faz-se necessário adicionar água para fazer a correção dos eletrólitos. O presente trabalho teve como objetivo reutilizar a água proveniente do tratamento da osmose reversa em veículos. Para isso fez-se necessário análises de pH e condutividade na água do permeado e do reservatório verificando se está de acordo com os parâmetros do fabricante. Para garantir que as águas utilizadas estão seguindo o padrão do fabricante é necessário fazer a análise de densidade dos eletrólitos de cada célula das baterias. As análises realizadas na água antes de serem adicionadas as baterias são simples, sem custo, pois a empresa possui os equipamentos necessários o peagâmetro e o condutivímetro digital. Essas análises garantiriam o bom funcionamento das baterias sem danificá-las e evitando o descarregamento repentino, visto que a água retirada direto da osmose não oferece risco para a bateria com pH entre 5,65 a 6,2 e condutividade de 7,96 a 10,23  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que de acordo com o fabricante o pH varia de 5,5 a 7 e a condutividade varia de 0,5 a 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A água do reservatório tem o pH maior de 6,89 a 7,26, podendo danificar as baterias. Com a utilização da água adequada, em termos, físico-químicos proporciona um bom funcionamento, economizando os custos industriais.

**Palavras-Chave:** Bateria, Eletrólito, Permeado.

## ABSTRACT

The frequent use of industrial electric vehicles requires periodically the addition of water in their batteries, because in the course of its use, the heat of continuous use, the solution evaporates and it is necessary to add water to make the correction of the electrolytes. The present work aimed to reuse the water from the treatment of reverse osmosis in vehicles. For this, it was necessary to analyze the pH and conductivity in the water of the permeate and the reservoir to verify if it is in accordance with the parameters of the manufacturer. To ensure that the used waters are following the manufacturer's standard, it is necessary to perform the electrolyte density analysis of each cell of the batteries. The analyzes carried out in the water before the batteries are added are simple, without cost, since the company has the necessary equipments the peagometer and the digital conductivity meter. These analyzes would ensure the proper functioning of the batteries without damaging them and avoiding sudden discharging, since the water withdrawn directly from the osmosis does not present a risk for the battery with pH between 5.65 and 6.2 and conductivity from 7.96 to 10.23  $\mu\text{S} / \text{cm}$  which according to the manufacturer the pH ranges from 5.5 to 7 and the conductivity ranges from 0.5 to 30  $\mu\text{S} / \text{cm}$ . The water in the reservoir has a pH greater than 6.89 to 7.26, which can damage the batteries. With the use of adequate water in terms of physicochemicals provides a smooth operation, saving industrial costs.

**Keywords:** Battery, Electrolyte, Permeate.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil está diretamente ligada as necessidades do ser humano, fabricando produtos de cama, mesa, banho entre outros. Com o crescimento e a grande demanda de materias, faz-se necessário o uso de veículos elétricos para o transporte de matérias-primas, peças e equipamentos para agilizar e automatizar o processo em meio à industrial.

Nas empresas têxteis o frequente uso desses veículos elétricos industriais vem exigindo periodicamente a adição de água em suas baterias, pois ao decorrer de sua utilização, com calor do uso contínuo, a solução da bateria evapora e faz-se necessário adicionar água para fazer a correção dos eletrólitos.

O processo industrial de obtenção da água para correção dos eletrólitos da bateria se dá através da osmose reversa, que é responsável pela desmineralização da água através de membranas semipermeáveis. O processo industrial de osmose reversa utiliza-se de uma montagem especial, na qual as membranas semipermeáveis ficam numa forma de espiral cilíndrica, com o objetivo de aumentar a área disponível para a passagem de íons. A água a ser desmineralizada é forçada através de grande pressão a entrar em um lado do cilindro espiralado contendo a camada de membrana a ser permeado, sendo coletado no outro extremo do cilindro (GAUTO e ROSA, 2013).

A água para reposição dessas baterias precisa estar nas normas dos padrões físico-químicos, como pH e condutividade elétrica especificados pelo fabricante da mesma. Caso não esteja nas especificações corretas, pode reduzir a vida útil e/ou causar mau funcionamento do veículo.

Tendo em vista que as baterias necessitam periodicamente da adição de água deionizada ou destilada, faz-se necessário as análises físico-químicas da água proveniente da osmose para garantir um melhor desempenho, proporcionar uma maior durabilidade às baterias e em contrapartida verificar o bom funcionamento da osmose.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Reutilizar a água proveniente do tratamento da osmose reversa em veículos elétricos.

### **1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

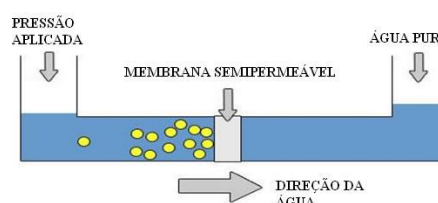
- Analisar os parâmetros físico-químicos, pH e condutividade elétrica, da água do reservatório e do permeado no tratamento de osmose reversa;
- Utilizar o reuso das águas, reservatório e permeado, nas baterias tracionárias de chumbo ácido nos carros elétricos industriais para boa eficiência;
- Determinar as densidades nas diferentes baterias (osmose e industrial);
- Observar o reuso das águas do permeado e do reservatório para uma boa aceitação nas baterias.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Processos de osmose reversa: definição e aplicação

A osmose reversa é um processo de desmineralização de água por meio da utilização de membranas semipermeáveis. O processo de osmose reversa utiliza altas pressões para conseguir reverter o processo espontâneo da osmose. No processo espontâneo da osmose, como acontece nas células dos organismos vivos, a água flui de regiões diluídas para regiões mais concentrado de sal atingindo o equilíbrio osmótico (GAUTO e ROSA 2013). A Figura 1 mostra o esquema de funcionamento da osmose.

**Figura 1:** Esquema da pressão aplica na osmose reversa



Fonte: COELHO (2013)

O processo industrial de osmose reversa utiliza-se de montagem especial na qual as membranas semipermeáveis ficam numa forma de espiral cilíndrica com o objetivo de aumentar a área disponível para passagem de íons. A água a ser desmineralizada é forçada através de grandes pressões a entrar de um lado do cilindro espiralado contendo a camada de membrana e a permeada, sendo coletada no outro extremo do cilindro. A água de alimentação deve ter baixo teor de sólidos, sendo previamente filtrada em filtro de carvão ativado para eliminar materiais em suspensão e o cloro, de modo a prevenir o entupimento do cilindro contendo as membranas. O carvão absorve moléculas orgânicas, cromatos, sulfetos, cloro, peróxidos e ácido nítrico que poderiam danificar as membranas (GAUTO e ROSA 2013).

A água de alimentação de um sistema de osmose reversa deve ter o pH ajustado entre 5.5 - 6.5, isso ajuda a prevenção do entupimento de camada de membrana e mantém o sistema limpo. Nem toda a água alimentada sai no permeado, de modo que existe uma taxa de rejeição. Assim, as membranas podem

ser conectadas em série permitindo uma taxa de captura de mais de 80%. Pode-se reciclar parte do rejeito tendo uma recuperação em torno de 90%. Para tanto são necessários às bombas mais potentes a fim de manter alta vazão de permeado (GAUTO e ROSA 2013).

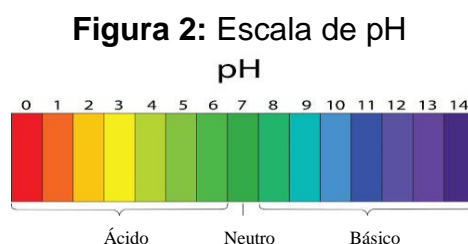
As principais aplicações da osmose reversa são na dessalinização de águas salobras. Tem sido usado no nordeste do Brasil como solução para a problemática da seca nessa região, na indústria, é utilizada na fabricação de alguns tipos de bebidas, como certas águas minerais, na área da saúde, recebe destaque, principalmente, nos processos de hemodiálise, na agropecuária utiliza-se a osmose reversa na dessedentação de animais, na irrigação e hidroponia. Embora neste setor, ainda haja pouca difusão da técnica e tua ainda em outras áreas distintas como geração de energia e biotecnologia (JIVAGO, 2014).

## 2.2 Análises físico-química

A realização de análise físico-químicas da água em indústrias, seja elas de pequena ou grande porte têm a finalidade de determinar, quantificar ou qualificar as especificações necessárias, de potabilidade ou para uso industriais em caldeiras e em sistemas de resfriamento, das análises realizadas as mais comuns são pH, condutividade e densidade (SOUZA, 2015).

### 2.2.1 pH

Análise de pH é de suma importância para indicar a acidez e a alcalinidade da água ou de outros compostos, o pH nada mais é do que o potencial de hidrogênio, representando a concentração de íons de  $H^+$  que indicam a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade, provenientes de sólidos e gases dissolvidos. A Figura 2 mostra a escala de pH (DIAS, 2017).



Fonte: LOPES (2016)

Com isso quanto menor o pH mais ácida é a solução, quanto maior o pH mais básica ou alcalina é a solução. As análises de pH podem ser feitas através do peagâmetro que faz uma análise digital e indica com precisão o valor do pH, também pode ser usado o papel de tornassol, que fica vermelho na presença de ácidos e azul na presença de bases; e o indicador universal, que apresenta cores diferentes para cada valor de pH, e também para fazer uma análise ácido/base é usada a fenolftaleína que muda sua coloração, em sua faixa de atuação o meio ácido é incolor e em meio básico fica rosa (DIAS, 2017).

### **2.2.2 Condutividade**

A condutividade elétrica é a medida da capacidade da água para conduzir a eletricidade. É o indicador de materiais ionizáveis total presente na água. A água pura tem o mínimo de condutividade e em sua totalidade é o resultado do movimento dos íons das impurezas presentes. A medida da condutividade é uma boa forma de controle de qualidade de água. A análise de condutividade é feita através do equipamento chamando condutivímetro (KNIGHT, 2009).

A capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica é denominada condutividade e depende da concentração dos íons presentes na solução: cátions e ânions. Depende também da temperatura e por isso essas medidas devem estar sempre associadas. A unidade básica de medida da condutividade é mhos/m (antiga) ou Siemens/m, sendo comumente expressa nos seus sub-múltiplos (mS/cm, uS/cm, dS/m etc.). A pureza da água destilada, ou deionizada, é verificada comumente por medições condutimétricas. A condutividade da água destilada varia de 0,5 a 3  $\mu$ mhos/cm e o menor traço de uma impureza iônica leva a um grande aumento da condutividade. A monitorização condutimétrica é empregada em laboratórios para acompanhar a operação de unidades de trocas iônicas semelhantes nos processos que exigem o uso de água muito pura (KNIGHT, 2009).

### 2.2.3 Densidade

A densidade é o quilograma por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). No entanto, os mais utilizados são  $\text{g/cm}^3$  e o  $\text{g/mL}$ , lembrando que  $1 \text{ cm}^3$  equivale a  $1 \text{ mL}$ . A densidade pode ser expressa para uma substância ou para uma mistura de substâncias. Por exemplo, a densidade da água nas condições ambientes é igual a  $1,00 \text{ g/cm}^3$ , o que quer dizer que em  $1 \text{ cm}^3$  ou em  $1 \text{ mL}$ , há  $1,0 \text{ g}$  de água. Já a densidade de uma mistura varia de acordo com as quantidades das substâncias envolvidas. O conceito de densidade é muito importante no cotidiano. Um exemplo disso é que por meio dela é possível verificar se houve alguma adulteração em determinados produtos que são comercializados. Isso acontece com o leite e com o etanol combustível, em que a adulteração mais frequente é a adição de água, e também com a gasolina, quando é adicionado mais etanol do que o permitido pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), que é de 25% em volume. O uso de um aparelho, denominado densímetro, permite verificar se a densidade dos líquidos mudou em razão da adição de algum produto diferente (FOGAÇA, 2016).

## 2.3 Veículos nas industriais

O processo de gerenciar as atividades dentro das organizações e pequenas empresas, levou a otimização do transporte e claro da movimentação e empilhamento de materiais pesados. Pensando em auxiliar o operário e agilizar a demanda, o veículo industrial foi criado com o intuito de substituir o trabalho braçal dos colaboradores da empresa. As empilhadeiras nada mais são do que um veículo industrial que movimenta grandes volumes de cargas. Há dois tipos de empilhadeira, a elétrica que consiste em alimentá-la a base de baterias elétricas e a empilhadeira manual que é operada através da força motriz humana, ou seja, o esforço manual é feito pelo operador. Também há dois tipos de combustão, empilhadeiras movidas a gás liquefeito; que possuem a vantagem de carregar mais carga do que os equipamentos elétricos e as movidas a diesel; sua capacidade operacional é maior do que as anteriores (DIAS, 1993).



## 2.4 Empilhadeiras elétricas

São equipamentos versáteis em função do seu desenho e de suas características operacionais, são próprios para serem operados em lugares fechados, tais como: depósitos, armazéns ou câmaras frigoríficas. Geralmente compactos, para que possam realizar tarefas em corredores estreitos. Normalmente possuem uma torre de elevação com grande altura aumentando consideravelmente a capacidade de armazenagem e estocagem em prateleiras (ALMEIDA, 2016).

São movidas a eletricidade, sendo sua principal fonte de energia às baterias tracionárias, a maioria das empilhadeiras elétricas opera com baterias de 48 volts, operam silenciosamente, fator de grande importância em qualquer ambiente produtivo diminuindo consideravelmente ruídos operacionais. Possuem alto grau de giro possibilitando manobras em seu próprio eixo a Figura 3 mostra um exemplo de uma empilhadeira de rolos elétrica (ALMEIDA, 2016).

**Figura 3:** Empilhadeira elétrica



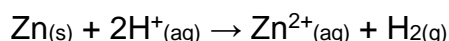
Fonte: Próprio autor (2018)

Existe uma variedade muito grande e diferentes tipos de empilhadeiras elétricas disponíveis no mercado, atendendo a diferentes necessidades, sendo que, o grande diferencial deste equipamento é em relação ao operador que pode operá-lo em pé sobre o equipamento ou caminhando segurando o timão. As empilhadeiras a combustão GLP e diesel ou gasolina são utilizadas mais comumente em pátios, docas, portos etc. São mais robustas e possuem capacidades que podem chegar a até 70 toneladas, e altura de elevação até 6,5 metros. Além destas características, são disponibilizados também vários acessórios que podem aumentar a capacidade, autonomia e adequação a trabalhos específicos (CHRISTIAN, 2014).

## 2.5 Eletroquímica

Eletroquímica é a área da Química que estuda as reações que envolvem a transferência de elétrons e a inter conversão de energia química em energia elétrica. A eletroquímica é aplicada para fabricação de muitos aparelhos utilizados em nosso cotidiano, como pilhas, baterias, celulares, lanternas, computadores e calculadoras (FOGAÇA, 2015).

Na eletroquímica, as reações estudadas são as de oxirredução. Elas são caracterizadas pela perda e ganho de elétrons. Isso quer dizer que ocorre a transferência de elétrons de uma espécie para outra. Como o seu nome indica, as reações de oxirredução ocorrem em duas etapas, oxidação que é a perda de elétrons. O elemento que provoca a oxidação é chamado de agente oxidante e a redução que é o ganho de elétrons. O elemento que provoca a redução é chamado de agente redutor. Entretanto, para saber quem ganha e quem perde elétrons, deve-se conhecer os números de oxidação dos elementos. Veja esse exemplo de oxirredução:



O elemento Zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ) é oxidado ao perder dois elétrons. Ao mesmo tempo, provocou a redução do íon de hidrogênio. Por isso, é o agente redutor. O íon ( $\text{H}^{+}$ ) ganha um elétron, sofrendo redução. Com isso, provocou a oxidação do zinco. É o agente oxidante. A eletrólise é uma reação química não-espontânea que envolve uma reação de oxirredução, a qual é provocada por uma corrente elétrica. Para que a eletrólise aconteça, a corrente elétrica envolvida deve ser contínua e ter uma voltagem suficiente. Para que os íons envolvidos tenham liberdade no movimento que realizam, a eletrólise pode ocorrer por fusão (eletrólise ígnea) ou por dissolução (MAGALHÃES, 2018).

## 2.6 Baterias Elétricas tracionárias de chumbo ácido

O acumulador de chumbo, também conhecido como bateria chumbo-ácida, foi inventado pelo francês Gastón Plante em 1859. É uma associação de pilhas, chamadas de elementos, na linguagem da indústria de baterias, ligadas em série. A tensão elétrica de cada pilha é de aproximadamente 2 volts. Uma bateria de

pilhas, que é a mais comum nos carros modernos, fornece uma tensão elétrica de 12V. Associações ainda menores são usadas em tratores, aviões e em instalações fixas, como centrais telefônicas e aparelhos de PABX. A bateria de chumbo-ácido é constituída de dois eletrodos; um de chumbo esponjoso e o outro de dióxido de chumbo em pó, ambos mergulhados em uma solução de ácido sulfúrico dentro de uma malha de liga chumbo-antimônio. Esta liga é mais resistente à corrosão que o chumbo puro. Quando o circuito externo é fechado, conectando eletricamente os terminais, a bateria entra em funcionamento (descarga), ocorrendo a semi-reação de oxidação no chumbo e a de redução no dióxido de chumbo. No acumulador, o chumbo é o ânodo enquanto que o dióxido de chumbo é o cátodo. Quando está descarregado, o acumulador tem placas de sulfato de chumbo e o eletrólito diluído. Já quando está carregado, possui placas de chumbo e óxido de chumbo, imersas em ácido sulfúrico aquoso (CLUBE DA QUÍMICA, 2018). A Figura 4 mostra um exemplo de bateria tracionaria usadas nas empilhadeiras elétricas.

**Figura 4:** Bateria tracionaria de chumbo



Fonte: Próprio autor (2018)

A bateria tracionária ou de tração trabalha sob condições mais severas, onde necessita-se de mais potência, energia e um ciclo de vida longo. Funcionam em ciclos de descarga muito profundas e recargas em curto espaço de tempo. Em relação à descarga, é muito maior do que as baterias de arranque, pois precisam obter mais energia. Nesta bateria, a descarga completa pode ocasionar uma variação de até 50% na grade, agravando o problema de desprendimento do material ativo. A vida destas baterias é melhorada usando placas de maior espessura e massa ativa de alta densidade. A bateria de tração utiliza placas planas empastadas e a grade geralmente é feita com a liga de Pb-Sb e a densidade do eletrólito varia entre 1240 g/mL e 1270 g/mL. Algumas baterias de tração são produzidas utilizando placas positivas tubulares em conjunto com placas negativas

planas. Esta construção diminui a corrosão de grade e aumenta a vida útil da bateria, porém possui um elevado custo. As principais aplicações desta bateria são: carrinhos para transporte de pessoas (hotéis, campos de futebol, entre outros), cargas, prateleiras e plataformas elétricas, lavadoras, varredoras industriais, sistemas de energia solar e eólica, em conjuntos série-paralelo para partidas e outros serviços em locomotivas. Outra possibilidade de aplicação é em sistemas de janelas eletrocromáticas, que é uma tendência na racionalização do uso de energia (FERNANDES, 2011).

## 2.7 Correção de eletrólitos

As baterias de chumbo-ácido necessitam periodicamente de adição de água para garantir o desempenho e uma longa vida da bateria, quantidade e períodos deve ser seguido de acordo com a recomendação do fabricante da bateria. A água deve ser adicionada sempre após o final de cada carga. Porém antes da carga, deve haver eletrólito o suficiente para cobrir as placas. Se a bateria estiver descarregada parcialmente ou inteiramente, o nível do eletrólito deve estar acima das placas. Mantendo o nível de eletrólito correto após uma carga completa, isso impedirá a preocupação em relação ao nível de eletrólito em um diferente estado de carga. Não pode em hipótese alguma fazer o uso de água com o nível mineral elevado, com isso faz-se necessário o uso da água destilada ou deionizada que possuem grau de pureza elevado (CARNEIRO, 2017). A Figura 5 mostra a válvula da bateria para adição de água para correção dos eletrólitos.

**Figura 5:** Válvula para adição de água



Fonte: Próprio autor (2018)

## 2.8 Eletrólito

O eletrólito é composto por uma solução de ácido sulfúrico diluído em água deionizada com densidade específica entre 1260 g/mL e 1300 g/mL com referência a temperatura de 25°C. Para uma temperatura maior que 25°C a densidade diminui e vice-versa. Essa densidade deve ser mantida, pois concentrações elevadas de eletrólito podem acelerar o processo de auto descarga. Durante a descarga a densidade do eletrólito diminui devido à reação química entre o eletrólito e as placas, formando o sulfato de chumbo. No processo de carga, ocorre o inverso (CARNEIRO, 2017).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local de realização de trabalho**

O presente trabalho foi conduzido em uma empresa no município de Campina Grande, no setor da tecelagem na sala de baterias dos carros elétricos e no laboratório químico do setor de tratamento de água industrial.

#### **3.2 Água do reservatório e permeado da osmose reversa**

A produção da água da osmose varia semanalmente chegando a ser 50m<sup>3</sup>/h e pressão de 4kgf/cm<sup>2</sup>, dependendo diretamente do uso da caldeira. A água semanalmente é analisada de acordo com a necessidade da caldeira.

#### **3.3 Análises físico-químicas**

A água do reservatório e do permeado da osmose reversa, foram coletadas em recipientes de 500 mL onde os quais foram lavados e identificados adequadamente como permeado e industrial.

As coletas foram realizadas uma vez por semana da água do reservatório e do permeado durante um mês. Em seguida as amostras eram levadas ao laboratório e distribuídas em béqueres para a realização das análises físico-químicas de pH e condutividade das águas do permeado e do reservatório e a análise de densidade da solução de eletrólito nas células das baterias.

##### **3.3.1 pH**

O procedimento para análise de pH foi a lavagem do eletrodo no peagâmetro digital de bancada pg2000 com água destilada secando com papel absorvente macio. Então imergiu o eletrodo nas amostras de água e aguardou a estabilização no equipamento efetuando assim a leitura.

Na finalização da análise foram lavados os eletrodos com água destilada secando com papel absorvente deixando-os na solução de KCl 3 M.

### 3.3.2 Condutividade elétrica

Para realização da análise de condutividade elétrica, foi feita a lavagem da célula do condutivímetro digital dm-22 de laboratório com água destilada, com isso, imergiu o eletrodo do condutivímetro nos recipientes contendo as amostras de água da osmose e do reservatório, efetuando as leituras diretas. Por fim, o resultado foi anotado e os eletrodos do condutivímetro lavados com água destilada.

### 3.3.3 Densidade

A análise de densidade foi realizada nos eletrólitos de cada célula das baterias (figura 6), o densímetro para Bateria Industrial Chumbo-Ácida 1,100/1,300 Incoterm 6011 é introduzido em uma célula da bateria e depois de retirado um pouco de eletrólito, a densidade será indicada pela boia do densímetro, que em seguida foi anotada a densidade. A Figura 6 mostra o densímetro utilizado.

**Figura 6:**Densímetro



Fonte: Próprio autor (2018)

## 3.4 Identificação das baterias

O processo foi realizado em duas baterias usadas na empilhadeira, cada bateria foi identificada com as respectivas águas que iriam receber, uma como permeado e a outra como reservatório no período de três meses, para verificação da densidade dos eletrólitos de cada célula, a Figura 7 mostra uma das células baterias.

**Figura 7:** Célula da bateria

Fonte: Próprio autor (2018)

### **3.5 Adição de água nas baterias tracionaria de chumbo-ácido**

A água é adicionada para fazer a correção dos eletrólitos, já que com o calor do uso contínuo a solução da bateria evapora constantemente, com isso é necessário adicionar água sempre após o final de cada carga elétrica, essa água é coletada semanalmente no reservatório da indústria ou diretamente na válvula do permeado da osmose quando a mesma não está desligada, essa água é coletada em recipientes de trinta litros lavados e identificados adequadamente, foram separadas e identificadas duas baterias da empilhadeira, uma com o nome de permeado e a outra com o nome de reservatório.

### **3.6 Adição da água**

Durante 3 meses quinzenalmente eram realizadas as análises de densidade na solução de eletrólito de cada célula das baterias após a adição da água do permeado ou do reservatório. Após adicionar água coloca-se a bateria no carregador para que ocorra a reação da água adicionada com a solução existente na célula da bateria. Após uma hora retira a bateria do carregador e mede-se a densidade da solução de eletrólitos como está descrito no item 3.3.3.



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 expõem os resultados das análises físico-químicas da água do reservatório da osmose reversa, o pH nas amostras de água compreenderam entre 6,89 a 7,26 e a condutividade elétrica de 24,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 29,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente. As águas do reservatório se caracterizaram dentro da neutralidade e sua condutividade elétrica está dentro das especificações do fabricante.

**Tabela 1. Análise físico-química da água do reservatório na osmose reversa**

Dados obtidos nas análises			Especificação do fabricante	
Semana	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH
1	24,6	6,89	0,5 a 40	5,5 a 7
2	28,2	7,15		
3	25,9	7,26		
4	29,8	7,04		

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

A elevação da condutividade da água do reservatório se dá pela adição de componentes químicos usados tais como hidróxido de sódio, fosfato e amina nas caldeiras para evitar incrustação. Comparando os valores de pH e condutividade elétrica das análises realizadas com as especificações sugerida pelo fabricante nota-se que os valores de pH da água do reservatório estão dentro dos padrões apenas na amostra analisada na primeira semana, esse aumento do pH ocorre possivelmente pela oxidação das células e assim diminuindo sua vida útil, já os resultados de condutividade elétrica nas amostras das águas estão de acordo com as especificações recomendadas pelo fabricante.

A Tabela 2 expõem os resultados das análises físico-químicas das águas do permeado da osmose reversa nas análises o pH nas amostras de água compreenderam entre 5,64 a 6,2 e a condutividade elétrica 7,88  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 10,23  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A água do permeado se caracterizaram levemente ácidas, mas de acordo com as especificações do fabricante, e como a água é coletada diretamente da saída do permeado sua condutividade é baixa, pois a mesma não recebe nenhuma

adição de produto químico, só quando vai para o reservatório para ser utilizada nas caldeiras.

**Tabela 2. Análise físico-química da água do permeado da osmose reversa**

Dados obtidos nas análises			Especificação do fabricante	
Semana	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH
1	7,96	5,64	0,5 a 40	5,5 a 7
2	10,23	6,04		
3	8,67	5,8		
4	7,88	6,2		

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Comparando os valores de pH e condutividade elétrica das análises realizadas com as especificações sugerida pelo fabricante verifica-se que os valores de pH e condutividade elétrica nas amostras das águas do permeado estão dentro das normas do fabricante. Como vistas nesses resultados pode concluir que essas águas podem ser colocadas de 15 em 15 dias nas baterias dos veículos elétricos com a carga elétrica, no máximo, uma semana de uso dependendo da demanda de trabalho. Na Tabela 3 encontram-se os valores médios das análises de densidade realizadas nas baterias selecionadas para o experimento e a especificação do fabricante, verificou-se que mesmo com a água do reservatório apresentando uma densidade menor que a do permeado a diferença entre as densidades são pequenas, contudo, não havendo restrições de uso da água do permeado e do reservatório.

**Tabela 3. Valores médios das densidades nas diferentes baterias**

Dados obtidos nas análises			Especificação do fabricante
Mês	Densidade (g/mL) bateria permeado	Densidade (g/mL) bateria reservatório	Densidade(g/mL)
<b>1</b>	1272,5	1272,08	1300 a 1260
<b>2</b>	1275,3	1273,6	
<b>3</b>	1288,6	1280,05	

Fonte: Próprio autor (2019)

De acordo com esses valores analíticos é possível criar um procedimento de análise básica de água a ser colocada nas baterias tais como pH, condutividade elétrica e densidade dos eletrólitos das células da bateria realizados na própria indústria sem custo adicional, com intuito da preservação das baterias proporcionando um bom funcionamento. Com as baterias sendo utilizadas com água adequada, em termos, físico-químicos proporciona um melhor funcionamento, em geral uma bateria de chumbo-ácido bem cuidada em uso contínuo dura no máximo 5 anos, e garantindo essa durabilidade sem danificar nenhuma célula acarreta para a indústria menor custo, pois uma bateria custa entre 30 a 40 mil reais.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados experimentais retratam que a água do permeado da osmose reversa atende as especificações da água para uso nas baterias. Já a água do reservatório, necessita de algum tipo de correção de pH, pois seu valor elevado, pode causar precipitações indesejáveis nas células da bateria. Não houve diferenças significativas nas densidades dos eletrólitos das células das diferentes baterias. Com isso faz-se necessário à implementação de uma rotina para análises da água para repor os eletrólitos da bateria de chumbo-ácido dos veículos industriais, já que esse tipo de procedimento não existia na indústria. Além da economia financeira por não danificar as células das baterias, causando manutenção excessiva, estas análises irão contribuir em outros processos, tais como, menor tempo de produção parada por causa das baterias descarregadas e garantir que a osmose está funcionando corretamente gerando uma economia para empresa, pois a empresa depende do bom funcionamento dos veículos industriais no transporte de peças e matérias primas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T. **O que é uma empilhadeira?** Disponível em <https://industriahoje.com.br/o-que-e-uma-empilhadeira> > Acesso em 10 de outubro de 2019.

CARNEIRO, R. L.; MOLINA, J. H. A.; ANTONIASSI, B.; MAGDALENA, A. G.; PINTO, E. M. **Aspectos essenciais das Baterias Chumbo-Ácido e Princípios Físico-Químicos e Termodinâmicos do seu Funcionamento.** Revista Virtual Química. V. 9, n.3, p 889 a 906, 2017.

CHRISTIAN, E. **Empilhadeira, o que é e para que serve?** Disponível em: <http://resumos.netsaber.com.br/resumo-142607/empilhadeira--o-que-e-e-para-que-serve->. Acesso em 10 de novembro de 2018.

COELHO, P. **Osmose Reversa.** Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/08/osmose-reversa.html>. Acesso em 10 de novembro de 2018.

DIAS, D. **"O que é pH?"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/2017/o-que-e-ph.htm>. Acesso em 18 de junho de 2019.

DIAS, P. **Administração de Materiais.** Uma abordagem logística - 4ª Edição. São Paulo-Atlas, 1993.

FERNANDES, J. D., et al.; Estudo de impactos ambientais em solos: **o caso da reciclagem de baterias automotivas usadas, tipo chumbo-ácido.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, **2011**,7, 1, 231.

FOGAÇA, J. **"O que é densidade?"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-densidade.htm>. Acesso em 02 de maio de 2019.

FOGAÇA, J. **"O que é Eletroquímica?"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-eletoquimica.htm>. Acesso em 18 de junho de 2019.

GAUTO, M.; ROSA, G. **Química industrial.** In: Tratamento de água. Porto Alegre-RS. Bookman. 2013 p. 36-38.

JIVAGO, D. **osmose reversa.** Inforescola Disponível em < <https://www.infoescola.com/fisico-quimica/osmose-reversa> 2014 > Acesso em 10 de novembro de 2018.

KNIGHT, D. Física 3: **Uma abordagem estratégica.** Volume 3 Eletricidade e Magnetismo. 2ª Edição. III Volume. Cap. 26 e 31, p.793-954 – Porto Alegre: Bookman, 2009.

LOPES, D. **Cálculo do pH de uma solução-tampão.** Mundo educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/2016/calculo-ph-uma-solucao-tampao.htm> Acesso em 18 de junho de 2019.

MAGALHÃES, L. **eletroquímica**; toda matéria. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/eletroquimica/> Acesso em 18 de junho de 2019.

PORTAL DO CLUBE DA QUÍMICA. **Bateria de chumbo**. Disponível em <<http://clubedaquimica.com/index.pHp/2018/02/02/bateria-de-chumbo> > Acesso em 05 de novembro de 2018.

SOUZA, L. **O laboratório e a análise Química**. *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/2015/o-laboratorio-analise-quimica.htm>. Acesso em 18 de junho de 2019.

## ANEXO

FOLHA DE LEITURA E INSPEÇÃO TÉCNICA DE BATERIAS TRACIONÁRIAS											
SETOR: TECELAGEM				RESPONSÁVEL: GYLLFF				DATA: 07/02/2019			
NÚMERO DE SÉRIE:*****				CAPACIDADE AH:*****				NÚMERO DA BATERIA: 1			
BATERIA EM CARGA: ( ) SIM ( ) NÃO				TENSÃO TOTAL:				PERMEADO			
ELEM	VOLT	DENS	T °C	ELEM	VOLT	DENS	T °C	ELEM	VOLT	DENS	T °C
1	*	1275		15		1260		29			
2	*	1275		16		1270		30			
3	*	1260		17		1270		31			
4	*	1275		18		1270		32			
5	*	1275		19		1275		33			
6	*	1275		20		1275		34			
7	*	1275		21		1275		35			
8	*	1275		22		1275		36			
9	*	1275		23		1275		37			
10	*	1275		24		1260		38			
11	*	1275		25				39			
12	*	1275		26				40			
13	*	1260		27				41			
14	*	1260		28				42			
ELEMENTOS EM CURTO CIRCUITO: SIM ( ) NÃO ( X )							IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS:				
ELEMENTOS HIDRATADOS: SIM ( X ) NÃO ( )							IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS:				
ELETRÓLITO:							IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS:				
ABAIXO DO NÍVEL: ( )											
ACIMA DO NÍVEL: ( )											
NÍVEL CORRETO: ( )											
ASPECTOS GERAIS DA BATERIA											
	B	R		B	R		B	R		B	R
CABOS	X		TAMPAS	X		ARCA	X				
TOMADAS	X		CONECTORES	X		PINTURA	X				
TERMINAIS	X		VÁLVULAS	X							
CARREGADOR AJUSTADO:				( X ) SIM ( ) NÃO							
RESUMO AVALIATIVO											

**FOLHA DE LEITURA E INSPEÇÃO TÉCNICA  
DE BATERIAS TRACIONÁRIAS**

SETOR: TECELAGEM				RESPONSÁVE: GLYLLFF				DATA: 14/02/2019			
NÚMERO DE SÉRIE:*****				CAPACIDADE AH:*****				NÚMERO DA BATERIA: 2			
BATERIA EM CARGA: ( ) SIM ( ) NÃO				TENSÃO TOTAL:				INDUTRIAL			
ELEM	VOLT	DENS	T °C	ELEM	VOLT	DENS	T °C	ELEM	VOLT	DENS	T °C
1	*	1280		15		1265		29			
2	*	1280		16		1270		30			
3	*	1280		17		1280		31			
4	*	1265		18		1270		32			
5	*	1265		19		1275		33			
6	*	1265		20		1285		34			
7	*	1265		21		1275		35			
8	*	1275		22		1275		36			
9	*	1275		23		1260		37			
10	*	1275		24		1270		38			
11	*	1260		25				39			
12	*	1260		26				40			
13	*	1255		27				41			
14	*	1285		28				42			
ELEMENTOS EM CURTO CIRCUITO: SIM ( ) NÃO ( X )								IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS:			
ELEMENTOS HIDRATADOS: SIM ( X ) NÃO ( )								IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS:			
ELETRÓLITO:								IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS:			
ABAIXO DO NÍVEL: ( )											
ACIMA DO NÍVEL: ( )											
NÍVEL CORRETO: ( )											
ASPECTOS GERAIS DA BATERIA											
	B	R		B	R		B	R		B	R
CABOS	X		TAMPAS	X		ARCA	X				
TOMADAS	X		CONECTORES	X		PINTURA	X				
TERMINAIS	X		VÁLVULAS	X							
CARREGADOR AJUSTADO:				( X ) SIM ( ) NÃO							
RESUMO AVALIATIVO											