



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE  
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**ELIANE SOUZA SILVA**

**TÉCNICA DE REDUÇÃO, SEPARAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS  
GERADOS NO LABORATÓRIO DE ELETROQUÍMICA E CORROSÃO DA UFCG-  
CES**

**CUITÉ/PB**

**2017**

ELIANE SOUZA SILVA

**TÉCNICA DE REDUÇÃO, SEPARAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS  
GERADOS NO LABORATÓRIO DE ELETROQUÍMICA E CORROSÃO DA UFCG-  
CES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande, como um dos pré-requisitos para obtenção do título de Licenciada em Química.

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Paulo Sérgio Gomes da Silva

CUITÉ/PB

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE  
Responsabilidade Jesiel Ferreira Gomes – CRB 15 – 256

S586t Silva, Eliane Souza.

Técnica de redução, separação e composição dos resíduos gerados no laboratório de eletroquímica e corrosão da UFCG - CES. / Eliane Souza Silva. – Cuité: CES, 2017.

50 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Química) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2017.

Orientador: Dr. Paulo Sérgio Gomes da Silva.

1. Gerenciamento de resíduos. 2. Tratamento. 3. Recuperação. 4. Composição química. I. Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 544.654.2

ELIANE SOUZA SILVA

**TÉCNICA DE REDUÇÃO, SEPARAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS  
GERADOS NO LABORATÓRIO DE ELETROQUÍMICA E COROSÃO DA UFCG-  
CES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Campina Grande para obtenção do grau de Licenciada em Química.

Aprovada em 29/03/2017

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Paulo Sérgio Gomes da Silva - CES/UFCG  
(Orientador)

---

Prof. Dr. José Carlos de Freitas Paula - CES/UFCG  
(Examinador)

---

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas - CES/UFCG  
(Examinador)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aquele que mais torceu para a  
realização deste sonho meu esposo Diego.

Obrigado pelo apoio, carinho e compreensão.

Essa vitória não é só minha, é nossa!

## AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não serão suficientes para agradecer a todas as pessoas que fizeram parte desta importante fase da minha vida, mas sou eternamente grata a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, pois sozinha seria impossível alcançar mais esta conquista.

Primeiramente agradeço a Deus que me concedeu o dom da vida e trilhou os meus caminhos pois sem ELE, nada é possível, e com ELE o impossível se torna realidade.

Ao meu companheiro, Diego, quem eu escolhi para compartilhar os meus dias, que sempre me apoiou incondicionalmente, me aconselhou nas decisões mais difíceis e que me ajudou nos momentos em que mais precisei. Obrigada por estar sempre ao meu lado!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Sérgio Gomes da Silva, que com competência, paciência, profissionalismo, dedicação, esforço e confiança, me conduziu aos caminhos certos somando seus conhecimentos para a concretização deste trabalho.

Às minhas antigas e atuais colegas de quarto e a todas as minhas amigas feitas durante todo o curso, que me fizeram perceber que a minha vida é constantemente abençoada com pessoas boas e que ter amigos verdadeiros ao meu lado foi de fundamental importância para chegar ao final desta etapa. Obrigada pelos momentos de alegria e desespero que passamos juntos, pelas noites de estudos, pelas brincadeiras, pelo ombro amigo nos momentos de desabafo e pela colaboração em todos os momentos.

Agradeço em especial à minhas amigas Andreia, Raiany e Verônica por ter compartilhado comigo de vários momentos no desenvolvimento deste trabalho, pela companhia no laboratório, pelas discussões que realizamos juntas e por estar sempre disposta a me auxiliar quando precisei.

A todos os professores da UFCG, que me auxiliaram com seus conhecimentos e experiências, sem os quais não teria sido possível concretizar grande parte deste trabalho, a vocês meu respeito e admiração.

Muito obrigado, a todos que participaram de forma direta ou indireta dessa etapa da minha vida,

## RESUMO

Atualmente, os laboratórios de ensino e pesquisa são um dos maiores poluentes, resultante das suas atividades laboratoriais dos cursos de graduação. Estes resíduos são diferenciados dos resíduos industriais, por causa da sua ampla variedade na sua composição, o que dificulta o processo de tratamento ou reciclagem, no qual se esses resíduos forem descartados ou dispostos de forma imprópria, pode provocar sérios danos ao meio ambiente e a saúde humana. Em função disso, várias instituições estão adotando Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos e também propondo formas de tratamentos. Neste contexto, este trabalho objetiva-se em propor uma metodologia para a redução dos resíduos líquidos à fase sólida, determinação da composição química, e desenvolver métodos de recuperação dos metais encontrados nos resíduos líquidos do Laboratório de Eletroquímica e Corrosão. A metodologia envolveu o método de secagem ao sol, para redução dos resíduos líquidos, e posteriormente foi realizada a determinação da composição química pela técnica de EDX, para assim ser feito a separação dos metais por precipitação com HCl, sendo em seguida foi realizada mais uma análise de EDX para identificar quais os metais presentes nos precipitados formados. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois o método de secagem ao sol foi eficaz, sendo possível observar uma grande redução nos volumes dos resíduos. Mediante a análise de EDX verificou-se que os elementos encontrados estão de acordo com os mesmos utilizados na geração dos resíduos analisados. Na precipitação foi possível separar os metais e ainda formar monos cristais idênticos ao cloreto de níquel. No qual este precipitado foi submetido à análise de EDX, sendo assim comprovado que este precipitado apresentou mais de 50% de níquel. Desta forma, este trabalho contribui de forma significativa na sustentabilidade do laboratório de pesquisa, através da redução, da poluição e do volume dos resíduos armazenados pelo o mesmo.

**Palavras-chaves:** Gerenciamento de Resíduos, Tratamento, Recuperação, Composição Química.

## ABSTRACT

Currently, teaching and research laboratories are one of the biggest pollutants, resulting from their laboratory activities in undergraduate courses. These residues are differentiated from industrial wastes because of their wide variety in their composition, which makes the treatment or recycling process difficult, in which if such waste is disposed of or improperly disposed of, it can cause serious damage to the environment and human health. As a result, several institutions are adopting Chemical Waste Management Programs and also proposing forms of treatment. In this context, this work aims to propose a methodology for the reduction of liquid residues to the solid phase, determination of the chemical composition, and to develop methods of recovery of the metals found in the liquid residues of the Laboratory of Electrochemistry and Corrosion. The methodology involved the drying process in the sun, to reduce the liquid residues, and later the determination of the chemical composition was carried out by the EDX technique, in order to make the separation of the metals by precipitation with HCl. EDX analysis to identify which metals are present in the formed precipitates. The results obtained were satisfactory, since the method of drying in the sun was effective, being possible to observe a great reduction in the volumes of the residues. By means of the EDX analysis it was verified that the elements found are in agreement with the same ones used in the generation of the residues analyzed. In the precipitation it was possible to separate the metals and still form crystalline monkeys identical to the nickel chloride. This precipitate was submitted to EDX analysis, and it was verified that this precipitate presented more than 50% of nickel. Thus, this work contributes significantly to the sustainability of the research laboratory, through the reduction, pollution and the volume of residues stored by the same.

**Keywords:** Waste Management, Treatment, Recovery, Chemical Composition.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> pH-metro Metrohm- 744.....	27
<b>Figura 2.</b> Estufa utilizada para determinação do teor de água das amostras.....	29
<b>Figura 3.</b> Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X.....	29
<b>Figura 4.</b> Fluxograma dos procedimentos realizados para o tratamento do resíduo.....	31
<b>Figura 5.</b> Resíduos líquido.....	33
<b>Figura 6.</b> Secagem ao sol, do resíduo verde 3 com tela de cobertura.....	34
<b>Figura 7.</b> Processo de secagem ao sol, para o resíduo verde 3.....	34
<b>Figura 8.</b> Resíduos na fase Sólida.....	35
<b>Figura 9.</b> Amostras depois de maceradas.....	36
<b>Figura 10.</b> Amostra após 24 horas de repouso.....	42
<b>Figura 11.</b> Sistema de filtração a vácuo.....	42
<b>Figura 12.</b> Sobrenadantes das amostras.....	43
<b>Figura 13.</b> Amostras após a filtração a vácuo.....	43
<b>Figura 14.</b> Precipitados após a secagem na estufa.....	44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características e Riscos dos Resíduos de acordo com cada grupo.....	21
<b>Tabela 2.</b> Classificação dos resíduos de acordo com periculosidade. ....	22
<b>Tabela 3.</b> Redução do volume mediante a secagem a sol.....	35
<b>Tabela 4.</b> Teor de umidade ainda remanescente nas amostras secadas ao sol.....	36
<b>Tabela 5.</b> Elementos químicos encontrados na amostra verde 1 com seus valores médios e desvio padrão.....	37
<b>Tabela 6.</b> Elementos químicos encontrados na amostra verde 3 com seus valores médios e desvio padrão.....	38
<b>Tabela 7.</b> Elementos químicos encontrados na amostra rosa com seus valores médios e desvio padrão. ....	40
<b>Tabela 8.</b> Valores obtidos dos precipitados após a secagem na estufa. ....	44
<b>Tabela 9.</b> Elementos químicos encontrados em maior concentração nos precipitados. ....	45

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Comparação de pH. ....	33
<b>Gráfico 2:</b> Elementos químicos da amostra verde 1 e seus percentuais. ....	38
<b>Gráfico 3:</b> Elementos químicos da amostra verde 3 e seus percentuais. ....	39
<b>Gráfico 4:</b> Elementos químicos da amostra rosa e seus percentuais. ....	40
<b>Gráfico 5:</b> Comparação das amostras analisadas.....	41
<b>Gráfico 6:</b> Comparação das amostras analisadas.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

CES – Centro de Educação e Saúde;

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear;

EDX – Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X;

LEC – Laboratório de Eletroquímica e Corrosão;

NBR – Norma Brasileira da ABNT;

pH – Potencial Hidrogeniônico;

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos;

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABELAS .....	9
LISTA DE GRÁFICOS.....	10
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1 OBJETIVOS .....	15
1.1.1 GERAL.....	15
1.1.2 ESPECÍFICOS .....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	16
2.1 DISPOSIÇÃO DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE .....	17
2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS .....	19
2.3 GALVANOSPLASTIA .....	24
2.4 TRATAMENTO .....	25
3. METODOLOGIA .....	27
3.1 DETERMINAÇÃO DO pH.....	27
3.2 REDUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DOS VOLUMES DOS RESÍDUOS.....	28
3.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE .....	28
3.4 CARACTERIZAÇÃO E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS .....	29
3.5 PRECIPITAÇÃO QUÍMICA COM ÁCIDO CLORÍDRICO 6,0 M .....	30
3.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E COMPOSIÇÃO QUÍMICAS DOS PRECIPITADOS .....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1 DETERMINAÇÃO DO pH.....	32
4.2 REDUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DOS VOLUMES DOS RESÍDUOS.....	34
4.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE .....	36
4.4 CARACTERIZAÇÃO E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS .....	37

4.5	PRECIPITAÇÃO COM ÁCIDO CLORÍDRICO 6,0 M.....	41
4.6	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS PRECIPITADOS.....	45
5	CONCLUSÕES.....	46
6	REFERÊNCIAS.....	47

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento do setor industrial e da população ocorrido nas últimas décadas, impulsionou o aumento da geração dos resíduos sólidos, colaborando assim para a degradação do meio ambiente e dos recursos naturais (SILVA, 2008). Com isso, essa problemática deve ser mais discutida nos setores industriais, centros de pesquisas e instituições de ensino.

Segundo Jardim (1998), as universidades é um dos maiores poluentes atualmente, que são decorrentes das aulas práticas, laboratórios de ensino e pesquisa, que muitas vezes fazem uso de substâncias perigosas em suas variadas atividades comprometendo assim a qualidade ambiental dependendo do seu descarte. Logo, é de suma importância que sempre haja um planejamento antes do experimento, para que as atividades experimentais possam ser realizadas de maneira segura e sustentável. Em função disso, várias instituições estão adotando Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos e também propondo formas de tratamentos de resíduos por elas gerados (DI VITTA, 2012).

Para Nogueira e Pasqualetto (2008), alguns poluentes contém um número de metais pesados extremamente maior que o natural, que em sua maioria são poluentes produzidos pelas indústrias e universidades, dentre os mais perigosos estão o mercúrio, cádmio, cromo, chumbo e o cobre, onde esses elementos químicos em altas concentrações se tornam muito tóxicos, ocasionando problemas gravíssimos para a saúde humana e o meio ambiente.

Em relação ao gerenciamento de resíduos, muitas tecnologias já foram desenvolvidas durante estes últimos anos e estão em desenvolvimento para tratá-los e dispô-los de uma forma apropriada. Entretanto, estas tecnologias criadas ainda não atendem as necessidades qualitativas e a quantidade de resíduos gerados no planeta. Mesmo assim mediante as inúmeras medidas tomadas para se manter um ambiente equilibrado, os resíduos oriundos das pesquisas e das aulas práticas, são bastante preocupantes, pois quanto mais incorretamente gerenciados, maior se torna a ameaça ao meio ambiente (FEROLDI, 2014).

Portanto, considerando, os descartes inadequados dos resíduos provenientes de ensino ou pesquisa, este trabalho objetiva-se em propor uma metodologia para a redução dos resíduos líquido à fase sólida, determinar a composição química, mediante os métodos de recuperação dos metais, bem como, tratar e recuperar os resíduos líquidos do Laboratório de Eletroquímica e Corrosão. Contribuindo assim para uma produção mais sustentável do laboratório de pesquisa, através da redução, da poluição e do volume de resíduos armazenados pelo o mesmo.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 GERAL**

Propor uma metodologia para a redução e recuperação dos resíduos líquidos gerados no Laboratório de Eletroquímica e Corrosão.

### **1.1.2 ESPECÍFICOS**

- Reduzir os resíduos líquidos à fase sólida por evaporação ao sol;
- Determinar o teor de umidade dos resíduos sólidos gerados;
- Determinar, identificar e quantificar estes resíduos através da composição química;
- Separar os metais encontrados por precipitação química.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nas últimas décadas, com os avanços tecnológicos e o aumento das atividades industriais, gerou-se uma grande diminuição dos recursos naturais não renováveis, provocando um grande aumento na produção de resíduos sólidos (GONZAGA et al, 2014).

Neste contexto Júnior (2001, p.10), afirma que,

No Brasil, o déficit de tratamento de efluentes e, conseqüentemente, o impacto sobre o meio ambiente, a saúde e a qualidade de vida da população, não deixa dúvidas quanto à necessidade de pesquisar e aplicar técnicas de baixo custo na implantação e operação de tratamentos de resíduos líquidos e sólidos.

O crescimento industrial tem sido basicamente o principal responsável pela contaminação de nossas águas e solos, devido à falta de tratamento dos seus efluentes antes do descarte, propiciando assim cada vez mais o lançamento de poluentes nos ambientes aquáticos. Pelo qual, os resíduos produzidos pelas empresas de tratamento de superfície, chamadas de galvanoplastia, são estimados os mais tóxicos entre os mais diversos tipos de indústrias, devido à presença dos metais pesados (NOGUEIRA; PASQUALETTO, 2008).

De acordo com Tosta (2014, p. 17).

O reconhecimento desta situação como problema, tanto no âmbito do indivíduo quanto no âmbito das organizações, implica diretamente em mudança de paradigmas, de atitudes, de comportamentos e até mesmo de perspectivas de produção. Nas Universidades, esta realidade não é diferente. Locus inquestionável de produção do conhecimento e um ambiente complexo por natureza, as universidades têm, aos poucos, buscado empreender esforços no sentido de estabelecer procedimentos de gestão mais ambientalmente sustentáveis.

Diante desta situação, o acúmulo de resíduos pode instituir em um perigoso passivo ambiental, para que se possa alcançar um avanço no desenvolvimento sustentável, com um ambiente protegido e equilibrado, faz-se necessário gerenciar, tratar, armazenar, reciclar e transportar os resíduos perigosos de modo adequado. Logo é de suma importância que exista sempre uma inter-relação entre a indústria ou instituição geradora, com o governo e a comunidade. Entretanto, este problema pertinente é o da natureza e do provável descarte de resíduos, abrangendo todos aqueles que advêm de atividades de ensino e pesquisa de química como também das industriais (FEROLDI, 2014).

## 2.1 DISPOSIÇÃO DE METAIS PESADOS NO MEIO AMBIENTE

A disposição de metais pesados no meio ambiente como alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, estanho, magnésio, manganês, mercúrio, níquel, vanádio e zinco, aumenta consideravelmente a cada ano, esta disposição de metais ocorre por meio de efluentes industriais e laboratoriais. A recuperação destes metais gera grandes impasses nas questões ambientais e econômicas, logo para fazer o reuso destes metais é preciso muita precaução para preveni-lo ou minimiza-lo, pois se trata de soluções diluídas, que mesmo em concentrações pequenas são consideradas tóxicas (SCHULTZ, 2003).

A poluição ambiental está diretamente ligada à contaminação das águas através de metais pesados, provocando problemas gravíssimos quando sua concentração extrapola o valor máximo, podendo ocasionar danos à saúde dos seres vivos. Portanto é de grande importância o uso de métodos que diminuam a concentração de metais nos efluentes líquidos minimizando assim esses danos (MOREIRA, 2010).

Segundo Moreira (2010), grandes quantidades de metais pesados são depositados no meio ambiente decorrente das atividades industriais, dentre os diversos tipos de resíduos gerados nas grandes indústrias, os metais pesados merecem destaque, pois quando lançados na água como resíduos industriais podem ser absorvidos pelos tecidos animais e vegetais. Logo, os metais pesados têm ocasionado maiores impactos ambientais do que a poluição causada por pesticidas, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono, por não serem substâncias inócuas. Onde esses metais tóxicos significam o maior número de resíduo industrial jogados no meio ambiente (JÚNIOR, 2001).

Segundo Vaz e colaboradores (2009, p. 18),

A alta toxidez e o efeito cumulativo nos níveis tróficos das cadeias alimentares é causada por metais pesados, sendo por este motivo a legislação de controle de emissão extremamente rigorosa com estes poluentes, que apresentam periculosidade tanto ao ecossistema como à saúde humana. Neste contexto, os processos de galvanização geram em geral graves problemas de poluição nos ecossistemas aquáticos devido aos seus despejos conterem metais pesados e grande quantidade de materiais dissolvidos e suspensos, ocasionando altos valores de cor e turbidez, respectivamente.

Atualmente, uma das grandes finalidades dos cursos profissionalizantes na área da química é habilitar os profissionais da área a lidar com materiais perigosos de modo correto e responsável. Portanto, a química apresenta vários benefícios para a sociedade no geral, porém, um dos maiores questionamentos, estar voltado ao uso indevido da mesma. Devido, a sua forma tradicional de ensino que acaba contribuindo para um ensino paradoxo, porque,

enquanto praticam-se sínteses, separações, purificações e análises, acabam produzido uma ampla quantidade de resíduos (REIS et al, 2012).

De acordo com Schultz (2003), uma das maiores fontes geradora de metais pesados são os dejetos industriais provenientes dos processos de galvanoplastia, processamento combustível nuclear, fotografia, baterias, produção e recuperação de catalisadores, tintas, indústria automotiva e outros métodos de extração, produção, tratamento, limpeza ou acabamento de metais.

Para Reis et al (2012), da mesma maneira que muitas indústrias, as instituições de ensino e pesquisa também tem tido sérias dificuldades em relação a maneira de lidar com os seus resíduos perigosos decorrentes das suas atividades. Sendo, diferentemente das indústrias, estas instituições, produzem um pequeno número de resíduos, no entanto, a maior parte é gerada em laboratórios de pesquisa. Estes resíduos são compostos de uma ampla variedade de substâncias, sendo elas tóxicas ou não, além disto, pode haver novos compostos de toxicidade desconhecida e sua composição muda de acordo com cada novo projeto ou experimento. Logo, contém uma ampla diversidade de substâncias que na maioria das vezes acabam dificultando a gestão de resíduos nestes tipos de instituições do que nas indústrias, que normalmente geram grandes quantidades de composição conhecida e sem tanta diversidade.

Segundo Gil et al (2007), a grande diferença entre gerenciar os resíduos industriais e resíduos laboratoriais, está na forma de tratamento e na disposição final do mesmo. Com isso, a variedade da geração e da composição tem sido a grande dificuldade, pois as propriedades químicas dos resíduos variam muito, dificultando assim uma técnica padrão e eficaz para o seu tratamento.

Atualmente, no Brasil existem várias ocorrências cruciais de poluição que estão diretamente ligadas à falta de tratamento e má disposição dos resíduos, agravando principalmente o solo e os recursos hídricos, onde essa degradação está relacionada à disposição dos metais pesados, solventes orgânicos halogenados e resíduos de defensivos agrícolas (SCHALCH et al 2002).

Para Cruz (2008), o gerenciamento de resíduos, de qualquer natureza, dever ser iniciado antes mesmo da sua geração, tendo por finalidade à diminuição da geração do resíduo, troca de materiais nocivos por mais inofensivos e a reutilização de materiais sem gasto de energia. Portanto, toda vez que o resíduo for gerado é necessário gerenciá-lo da melhor maneira possível, sendo que determinados tipos podem ser direcionados a reciclagem, e outros necessitam de tratamento prévio, como os resíduos de serviço de saúde ou químicos.

Assim, após o tratamento ou a reciclagem, existindo ainda qualquer sobra de resíduo, estes necessitam ser conduzidos a uma destinação final adequada.

Assim, Cruz (2008, p. 28), aponta que o gerenciamento deverá constituir os seguintes princípios:

- A prevenção da geração;
- A minimização dos resíduos gerados;
- A reutilização, a reciclagem e a recuperação ambientalmente segura;
- O tratamento ambientalmente seguro;
- A disposição final ambientalmente segura;
- A recuperação das áreas degradadas pela disposição inadequada.

O gerenciamento de resíduos abrange uma série de fases, que envolvem as seguintes descrições: i) a realização de um inventário; ii) a proposição de medidas de minimização; iii) a segregação; iv) o acondicionamento; v) a rotulagem dos resíduos; vi) o tratamento; vii) o armazenamento; viii) o transporte e a ix) disposição final dos resíduos. Portanto, cada uma destas fases precisa ser registrada para que se possa comprovar que o descarte dos resíduos químicos gerados em uma atividade foi efetuado de maneira correta (DI VITTA, 2012).

## **2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS**

De acordo com Tosta (2014), resíduos são as matérias remanescentes de atividades antrópicas gerados por diversas formas onde, o mesmo esta como um componente negativo gerador de degradação ambiental, mediante o mesmo não está presente na natureza. Logo as emissões desses líquidos indesejados são restos destas atividades, que de um modo geral são denominadas de efluentes líquidos, sendo eles caracterizados de acordo com a sua origem, onde essa caracterização é de suma importância para poder definir a melhor e a mais eficaz forma de tratamento e a probabilidade de um lançamento em corpos hídricos ou no solo (AMORIM, 2012).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005, resíduo químico consiste em todo material ou substância que apresentem característica de periculosidade, sendo que, quando não são submetidos a método de reutilização ou reciclagem, podem apresentar grande risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

Atualmente, a produção de resíduos tem sido cada vez mais inevitável, pois praticamente todas as atividades geram excedentes, em menor ou maior quantidade. Existem várias fontes geradoras de resíduos, dentre elas podem ser citadas como exemplo: o comércio, hospitais, universidades, construção civil, domicílios, agricultura, mineração e indústria, sendo que cada uma destas fontes produz um resíduo com suas próprias distinções e propriedades (AMORIM, 2012).

O inciso XVI, do art.3º, da Lei nº. 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos define resíduos sólidos como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 2).

Segundo Tosta (2014), este inciso traz uma distinção, onde todo rejeito é um resíduo, mas nem todo resíduo é um rejeito.

Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, p. 4).

Os Resíduos Sólidos vem sendo um tema bastante debatido nos últimos tempos por consequência do desenvolvimento dos impactos negativos ao meio ambiente. Logo, este crescimento está diretamente ligado ao desenvolvimento urbano e o crescimento econômico, gerando novos padrões de produção e consumo, fragilizando assim cada vez mais o meio ambiente. Mediante esta situação, a busca de novos procedimentos corretos destes resíduos se torna indispensáveis (RODRIGUES, 2015).

Matias (2013), classifica os resíduos sólidos através das características e os riscos ocasionado ao meio ambiente e a saúde, divididos assim em 5 grupos distintos que são: A, B, C, D e E. O grupo A são os resíduos biológicos, o grupo B resíduos químicos, o grupo C resíduos radionuclídeos, o grupo D resíduos comum que não apresenta risco biológico, químico ou radiológico e o grupo E resíduos perfuro cortantes.

De acordo com a Resolução da CONAMA nº 358/05 (BRASIL, 2005) os grupos de resíduos contêm as seguintes características e riscos são mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características e Riscos dos Resíduos de acordo com cada grupo.

<b>Grupo A</b>	Resíduos com uma provável presença de agentes biológicos que, por suas características, de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Eles são subdivididos em A1, A2, A3, A4 e A5.
<b>Grupo B</b>	Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.
<b>Grupo C</b>	Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.
<b>Grupo D</b>	Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.
<b>Grupo E</b>	Materiais perfuro cortantes ou escarificantes, tais como: Lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

**Fonte:** BRASIL, (2005).

De acordo com, Rodrigues (2015), os resíduos sólidos também podem ser classificados e caracterizados conforme a sua origem e periculosidade, para que esses processos aconteçam é necessário constatar as condições de cada material, em relação às características físicas, químicas, biológicas. A finalidade desta diferenciação é permitir o apropriado gerenciamento do resíduo de acordo com sua classificação.

Com base na norma técnica NBR 10.004/2004 a periculosidade dos resíduos classifica-se conforme o potencial de contaminação do meio ambiente e à saúde pública Tabela 2.

- a) **Resíduos Classe I** – Perigosos;
- b) **Resíduos Classe II** – Não Perigosos:
  - Resíduos Classe IIA – Não inertes.
  - Resíduos Classe IIB – Inertes.

**Tabela 2.** Classificação dos resíduos de acordo com periculosidade.

<b>Os Resíduos da classe I</b>	São considerados perigosos são aqueles que possui propriedades de periculosidade como: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
<b>Os Resíduos da classe II</b>	<p>A classe IIA, são materiais que possui características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.</p> <p>A classe IIB são considerados qualquer resíduo submetido a contido dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, onde não apresente nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.</p>

**FONTE:** ABNT, (2004).

A PNRS, definida na lei 12.305/2010 apresenta as seguintes classificação dos resíduos sólidos quanto à origem (Brasil, 2010):

- a) **resíduos domiciliares:** oriundos da atividade doméstica;
- b) **resíduos de limpeza urbana:** provenientes da limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas);
- c) **resíduos sólidos urbanos:** a soma das alíneas “a” e “b”;
- d) **resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços:** são os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) **resíduos dos serviços públicos de saneamento básico:** resíduos gerados nessas atividades, excluindo os referidos na alínea “c”;

- f) **resíduos industriais:** gerados na indústria e no seu processo de produção;
- g) **resíduos de serviços de saúde:** os gerados nos serviços de saúde, conforme regulamento e normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama<sup>2</sup> e do SNVS<sup>3</sup>;
- h) **resíduos da construção civil:** gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civis, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) **resíduos agrossilvopastoris:** oriundos das atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) **resíduos de serviços de transportes:** originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) **resíduos de mineração:** provenientes da atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Segundo Kosminsky; e Medeiros, (2009 apud Tosta, 2014, p.25) os resíduos gerados nas universidades especialmente nos laboratórios químicos, decorrentes das atividades de ensino e pesquisa é uma problemática um pouco distantes dos resíduos gerados em áreas industriais. Na qual suas particularidades fundamentais, são a sua alta variabilidade em relação ao tipo e a frequência de geração, redução do seu volume ou quantidade individual, onde muitas vezes a sua periculosidade é totalmente desconhecida sendo assim no geral, bastante elevada formando, portanto, uma das fontes de risco em ambientes laboratoriais desta natureza.

Desta forma de acordo com Ferreira, Rocha e Silva (2013), a química vem sendo associada a problemas procedentes de atividades laboratoriais e industriais desde o início do século XX. Sendo assim necessária a minimização da geração de resíduos nos processos químicos, amenizando os danos causados ao meio ambiente.

De acordo Vaz (2009), uma grande parte dos efluentes contendo metais pesados é produzida pelas diversas indústrias de grande escala, decorrentes dos seus processos industriais. Logo ele destaca as indústrias de mineração, as termoelétricas, os curtumes e as de galvanoplastia. Sendo que, o mesmo enfatiza mais a indústria de galvanoplastia, devido ao exagerado consumo de água e energia, decorrente da sua produção, gerando, portanto, uma grande quantidade de efluentes líquidos produzidos contendo metais pesados e emissões gasosas, provenientes dos danos da evaporação e dos banhos aquecidos, além dos resíduos sólidos gerados na preparação dos seus materiais a serem galvanizados.

### 2.3 GALVANOSPLASTIA

A galvanoplastia é uma técnica de proteção superficial, por meio de procedimentos eletroquímicos, pelo o qual, neste método acontece uma eletrólise e em seguida deposição o metal na superfície do outro, para de tal modo resguarda-lo ou para efeito decorativo. Logo a mesma é um processo de galvanização de revestimento de superfície de uma peça, que na maioria das vezes é metálica, sendo esta peça recoberta por um outro metal, tendendo a determinadas variações em suas características como cor, brilho, rigidez e resistência à corrosão (LADEIRA e PEREIRA, 2008).

Ainda de acordo com Ladeira e Pereira (2008, p 386),

Na galvanização, por deposição eletrolítica, as peças são mergulhadas em um banho composto por sais do metal, que as revestirá, além de aditivos que permitem uma melhor aderência do metal à sua superfície. Nos banhos galvânicos, está presente uma série de substâncias que, dependendo das concentrações, implicam grandes riscos à saúde e ao meio ambiente.

Essa metodologia é realizada para diversos fins, especialmente para resguardar as superfícies metálicas contra a ação de intempéries, agressões de produtos químicos, água salgada e outros (MOREIRA, 2010).

De acordo com Pinto (2012), a galvanoplastia objetiva-se na prevenção da corrosão, no aumento da dureza e na condutividade das superfícies, que mediante estas características torna-se os produtos com aspecto mais atrativo, decorrente de uma deposição de uma fina camada metálica sobre a superfície.

Os processos galvânicos são conhecidos pelos grandes volumes de água utilizados principalmente na lavagem das peças, gerando uma grande quantidade de efluentes líquidos contendo metais pesados decorrentes da variedade de produtos químicos arrastados dos banhos, onde possuem concentrações mais elevadas do que o permitido pela legislação para serem jogadas nos mananciais. Sendo que os mesmos geram problemas gravíssimos de poluição hídrica devido os metais pesados, que em determinadas concentrações podem ser tóxicos ao meio ambiente e ao ser humano (MOREIRA, 2010).

Moreira (2010), divide o processo galvânico em várias fases, que iniciasse com o desengraxe alcalino que tem por finalidade remover os óleos e gorduras colocadas na peça metálica como uma maneira de proteção periódica. Em seguida a peça é sujeita a etapa de decapagem, sendo a mesma submersa nas soluções ácidas por um determinado período, onde esse período varia de acordo com a necessidade específica de cada material. Tendo por objetivo retirar as oxidações compostas na superfície metálica. Desse modo, as peças são

reprimidas à deposição de finas camadas metálicas sobre suas superfícies, este revestimento é realizado a partir de processos químicos ou eletroquímicos, mediante soluções aquosas dos metais. Depois de cada fase as peças são lavadas várias vezes, logo mediante esses procedimentos são produzidos os maiores volumes de efluentes por conterem metais pesados, sendo que os mesmos necessitam ser submetidos a um tratamento antes de ser descartado.

## 2.4 TRATAMENTO

No atual cenário da poluição industrial a eliminação dos resíduos tem sido um grande aliado ao meio ambiente, motivando assim cada vez mais os pesquisadores a buscar novos instrumentos para a redução da toxicidade dos efluentes líquidos, sólidos e gasosos, acatando todas as regulamentações e legislações pertinentes à proteção ambiental (ALBUQUERQUE 2014).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011 (p. 89),

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam a determinadas condições, como, pH, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio, regime de lançamento, materiais sedimentáveis, e determinados padrões de sua composição.

Diante dessa situação, já foram desenvolvidos alguns métodos de tratamento com o intuito de impedir que estes resíduos sejam depositados no meio ambiente, logo para que eles possam ser realizados é preciso ter conhecimento do ciclo de vida destes produtos que o geraram, abrangendo o conhecimento desde a sua fabricação até o seu tratamento e recolocação no mercado (AMORIM, 2012).

De acordo com Vaz (2009), já existem diversos métodos convencionais de tratamento de resíduos, para a remoção de metais dissolvidos em efluentes líquidos industriais ou laboratoriais, como a precipitação química (seguida de coagulação e floculação), a evaporação, a troca iônica (adsorventes orgânicos naturais ou resinas), as tecnologias de membrana (ultrafiltração, eletrodialise e osmose inversa), os processos eletroquímicos e os de adsorção.

A técnica de precipitação química é que mais se destaca dentre toda as outras, sendo a mesma a mais utilizada pelas indústrias de tratamento de superfícies e também pelas instituições de ensino e pesquisa, uma vez que se apresenta como uma técnica relativamente simples e econômica, ganha assim um grande destaque mediante a utilização do hidróxido de sódio como principal reagente onde o mesmo é considerado de baixo custo e é utilizado em

grande escala nas indústrias. Sendo, que além desse reagente também pode ser necessário outros como o tiosulfato de sódio, só que em quantidades pequenas. Com isso, o hidróxido de sódio é utilizado em grande quantidade tornado assim este processo viável (ALBUQUERQUE, 2014).

Alguns trabalhos já foram desenvolvidos em universidades utilizando esta técnica para separação de metais. Podendo ser citada como exemplo a Universidade Tecnologia Federal do Paraná. Nesse interim, Baldissera (2016), utilizou a metodologia de variação de pH para precipitação do cloreto de cobalto, com hidróxido de sódio, calcinou, obtendo assim o seu óxido, e em seguida reagiu com ácido clorídrico e posteriormente recuperou em forma de cloreto de cobalto hexahidratado.

Baseado na técnica supracitada a cima Wermuth e Silva (2013), usou duas metodologias para recuperação de resíduos de níquel oriundos de aulas práticas de química e transformou em cloreto de níquel. A primeira metodologia consiste na mesma utilizada por Baldissera (2016), e a segunda em precipitar o níquel com dimetilglioxima, calcinou e reagir com ácido clorídrico para a obtenção do cloreto de níquel.

### 3. METODOLOGIA

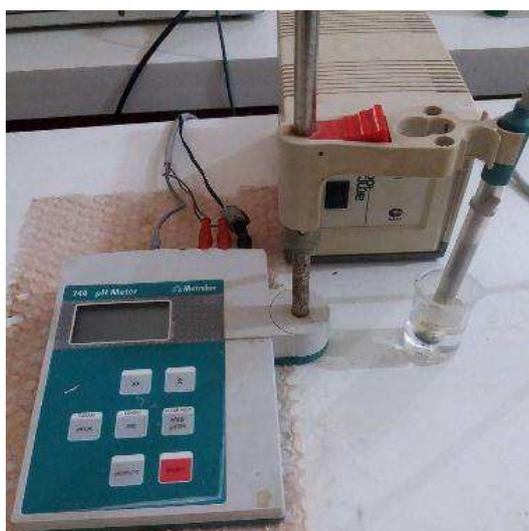
O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Eletroquímica e Corrosão (LEC) e no Laboratório Didático de Química Geral e Inorgânica da Universidade Federal de Campina Grande – *Campus Cuité/PB*. Visando a aplicação de métodos para a redução dos resíduos químicos provenientes das pesquisas realizadas no LEC.

As identificações dos prováveis metais contidos nos resíduos gerados no LEC, foram a partir de um diagnóstico realizado por Souza (2016), com os atuais professores e alunos usuários deste laboratório.

#### 3.1 DETERMINAÇÃO DO pH

Para a análise do pH foi utilizado o pH-metro Metrohm-744 conforme a (Figura 1), onde, inicialmente o pHmetro foi calibrado seguindo as seguintes etapas: primeiramente ligou-se o aparelho, e esperou-se a sua estabilização; lavou-se a célula com água destilada, secando a mesma com papel absorvente macio para não danificar a célula. Em seguida o pHmetro foi previamente calibrado com soluções tampão ácido ( $7,00\pm 0,01$ ) e básico ( $4,00\pm 0,01$ ); por fim, foi realizada as medidas de pH das amostras e os valores foram registrados.

**Figura 1.** pH-metro Metrohm- 744



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Após adicionou-se o eletrodo dentro da solução de trabalho com aproximadamente 40 mL da amostra, em um béquer de 50 ml, esperou-se até a medida estabilizar, fazendo assim a coleta do valor do pH. Entretanto, o eletrodo do pHmetro foi retirado da solução, e feito o processo de lavagem no mesmo com água destilada, secando sempre bem o eletrodo com lenço de papel para tirar o excesso de água, este mesmo procedimento foi repetido para as outras amostras.

### **3.2 REDUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DOS VOLUMES DOS RESÍDUOS**

Baseado nos dados obtidos por Souza, (2016), a redução e concentração dos volumes dos resíduos, consiste em um processo de redução dos resíduos líquidos gerados no LEC, mediante secagem direta ao sol.

A secagem ao sol foi realizada utilizando bandejas de plástico, sendo os resíduos medidos em volume iguais com o auxílio de uma proveta 500 mL e em seguida transferidos para um béquer e pesados em balança semi analítica, adicionando-os as bandejas fazendo assim, a exposição ao sol por durante 2 dias, isso com uma temperatura máxima de  $\pm 44$  °C para cada resíduo, no intervalo de 8:00 horas as 17:00 horas, onde foi determinado a massa inicial e final para a determinação do resíduo seco gerado.

### **3.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE**

Para determinar o teor de umidade utilizou-se duas amostras aleatórias dos resíduos que estavam no dessecador e pesou-se 5 g de cada, em uma balança analítica, e em seguida foi preparado um mix de todos os recipientes que contia o mesmo resíduo em análise, para este pesando 0,5 g de cada. Após a pesagem as amostras foram maceradas em um almofariz com pistilo e levados para a estufa por um período de duração de 15 horas a 105°C, até peso constante, de acordo com metodologia descrita em IAL (2008), adequada para nosso tipo de resíduo.

A estufa utilizada de marca FANE, Modelo 315 SE conforme a (Figura 2). Após a secagem as amostras foram pesadas e colocadas no dessecador novamente para não adquirir umidade. Esta fase do processo de secagem na estufa foi feita para a análise de composição química no EDX, pois nesta analise a amostra não pode conter água livre.

**Figura 2.** Estufa utilizada para determinação do teor de água das amostras.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS

Os elementos químicos foram identificados e quantificados através de um Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (EDX), onde o equipamento usado foi SHIMADZU MODELO EDX-720, (Figura 3).

**Figura 3.** Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Pequenas porções das amostras em forma de pó foram acondicionadas no porta amostra e cobertas por um filme de polipropileno de 5  $\mu\text{m}$  de espessura e, em seguida, submetidas ao vácuo. Na operação do equipamento foram usadas as seguintes condições de operação do equipamento: tensão do tubo de 15 KeV (Na a Se) e 50 KeV (Ti a U), com um colimador de 10 mm, e um detector de estado sólidos tipo Si (Li), com resfriamento por nitrogênio líquido. Os resultados dos elementos das amostras foram expressos em %.

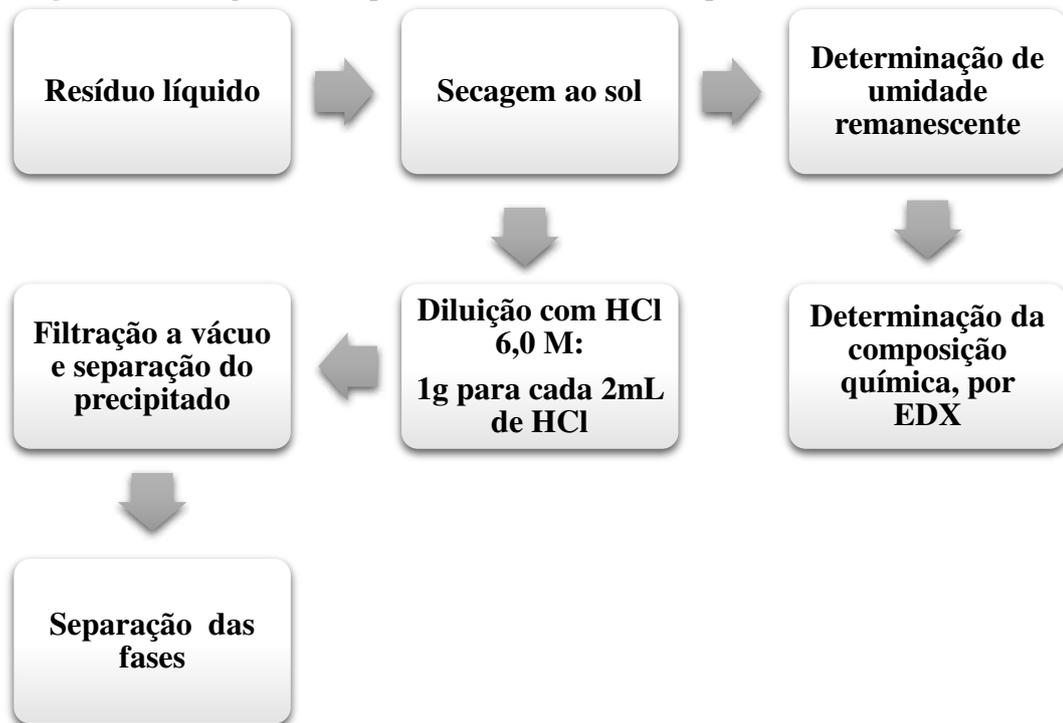
### **3.5 PRECIPITAÇÃO QUÍMICA COM ÁCIDO CLORÍDRICO 6,0 M**

A metodologia proposta consistiu-se em precipitar os resíduos em forma de pó com uma solução de ácido clorídrico 6,0 M de acordo com a metodologia de Wermuth e Silva (2013) e Baldissera (2016), adequando a mesma para nosso tipo de resíduo líquido.

Utilizou-se inicialmente três béqueres, adicionando primeiramente a um deles 10g do resíduo verde 1 em pó, acrescentando HCl suficiente até cobrir todo o resíduo, correspondendo a um volume de 20 ml de HCl 6,0 M. Este mesmo procedimento utilizado para o resíduo verde 1, fez-se para o resíduo verde 3 e o rosa, e deixou reagir por 24 horas, após esse período separou-se o precipitado do sobrenadante e levou os mesmos a estufa à temperatura de 105°C durante 4 horas.

A (Figura 4), refere-se ao fluxograma dos procedimentos realizados antes do tratamento dos resíduos trabalhados.

**Figura 4.** Fluxograma dos procedimentos realizados para o tratamento do resíduo.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

### 3.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E COMPOSIÇÃO QUÍMICAS DOS PRECIPITADOS

Para determinar os elementos químicos presentes nos precipitados, foi utilizado a mesma técnica de composição, mesmo equipamento e as mesmas condições de operação usado nos resíduos, (Figura 3).

No qual os precipitados, rosa e verde1 em forma de pó e o verde 3 em forma de cristal, foram acondicionados no porta amostra e cobertas por um filme de polipropileno de 5  $\mu\text{m}$  de espessura e, em seguida, submetidas ao vácuo. Os resultados dos elementos dos precipitados também foram expressos em %.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo desta pesquisa consistiu, em uma continuação do trabalho de Souza (2016), onde este trabalho objetiva-se, em uma iniciativa para a implementação de tratamento de resíduos no LEC, a partir da redução dos resíduos gerados por secagem ao sol.

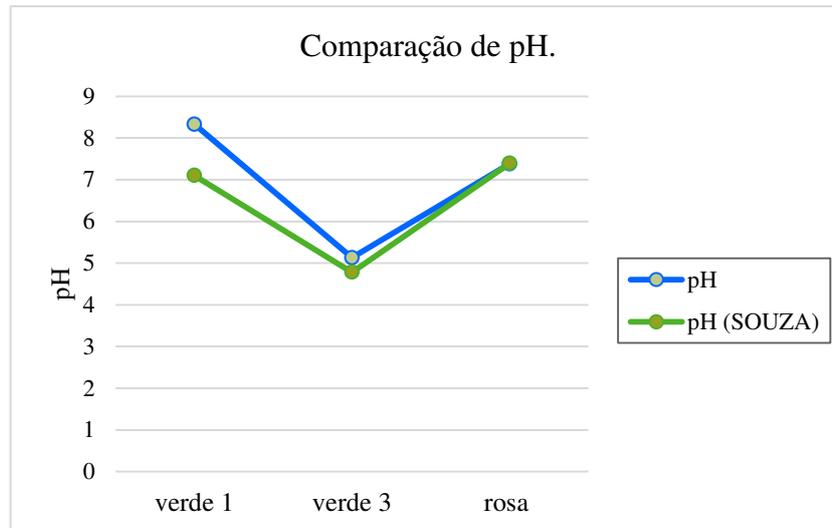
Nesse sentido, foi aplicado o método de redução, por secagem ao sol. Por ser considerado um método de baixo custo e eficaz, o mesmo pode ser utilizado por instituições de ensino e pesquisa, para redução de seus resíduos. A partir deste método, os metais presentes foram identificados e quantificados, por meio da técnica de EDX. Onde, a partir disto, foi possível separar os metais por precipitação com a adição HCl 6,0 M. Sendo realizado análise de EDX com os precipitados formado.

### 4.1 DETERMINAÇÃO DO pH

Inicialmente foram escolhidos 3 recipientes aleatórios, nos quais continham os resíduos líquidos, os recipientes escolhidos foram o denominado verde 1, verde 3 e rosa, (Figura 4). A partir disto, coletou-se uma alíquota de  $\approx 50$  mL de cada recipiente para a medição do pH.

Mediante os resultados obtidos para cada análise de pH, realizou-se uma comparação dos mesmos com os resultados obtidos por Souza (2016). Nas análises de pH dos resíduos líquidos, as amostras variaram entre 5,0 e 8,0. Logo os pH encontrados nas amostras estão de acordo com as soluções utilizadas nas pesquisas realizadas de eletrodeposição no LEC.

Através de uma comparação com os resultados da autora Souza (2016), pode-se perceber que ocorreu um aumento de pH em todas as amostras. Logo, este aumento do pH pode ser justificado pelo fato de haver diferentes tipos de metais juntos, o que indica que os resíduos estão sofrendo alteração na sua composição, levando-se em consideração que os resíduos estão em repouso, mais estão sofrendo evaporação, pois não estão devidamente lacrados de forma correta, deixando assim os mesmos mais concentrados, o que pode dificultar o tratamento destes resíduos.

**Gráfico 1:** Comparação de pH.

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Os resíduos analisados apresentaram colorações e pH diferentes, no qual o, designado como verde 1, apresentou tonalidade verde claro e pH 8,33, o verde 3 apresentou tonalidade verde e pH 5,13 e o rosa apresentou tonalidade rosa escuro e pH 7,86. Na qual os valores destes pH, estão semelhantes aos valores de pH utilizados nos processos de eletrodeposição que foram usados, onde dependendo do eletrodepósito a ser obtido é necessário ajustar o pH entre 4 e 8. É possível observar a tonalidade inicial dos resíduos na (Figura 5).

**Figura 5.** Resíduos líquido

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

O pH é um parâmetro Físico-Químico fundamental no processo de precipitação, uma vez que em pH básico, os metais normalmente precipitam, característica esta que pode ser utilizada para separação destes metais, presentes nos resíduos líquidos gerados (VAZ, 2010).

No entanto um dos grandes problemas encontrados para o tratamento de resíduos, é a diversidade e complexidade em sua composição, tornando-se assim necessária uma técnica específica para o tratamento de determinado resíduo (AFONSO, 2003).

#### 4.2 REDUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DOS VOLUMES DOS RESÍDUOS

A secagem ao sol foi realizada em bandejas, aumentando assim a eficiência e a redução do tempo do processo, conforme as (Figuras 6 e 7).

**Figura 6.** Secagem ao sol, do resíduo verde 3 com tela de cobertura.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

**Figura 7.** Processo de secagem ao sol, para o resíduo verde 3.



A – 500 ml      B – 1º dia de      C – 2º dia de  
resíduo.            secagem.            secagem.

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Depois das amostras secas e resfriadas, foram pesadas novamente e transferidas para um recipiente plástico, onde foram devidamente identificados e armazenados em um dessecador.

De acordo com as (Figuras 5 e 8), podemos observar a diferença das cores dos resíduos na fase líquida e na fase sólida respectivamente, obtido após a secagem ao sol.

**Figura 8.** Resíduos na fase Sólida.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Com base, na (Figura 8) é possível observar o aspecto do resíduo seco resultante da secagem ao sol, após dois dias de exposição ao mesmo, pode-se constatar que o sólido resultante e seco, apresentou um teor médio de resíduo seco de 6,447%, para a amostra “verde1”, 7,599 % para a amostra “verde 3” e 7,845% para a amostra rosa, em temperaturas variadas estes valores podem ser observados na Tabela 3 a seguir.

**Tabela 3.** Redução do volume mediante a secagem a sol.

<b>Amostra</b>	<b>Resíduo líquido (L)</b>	<b>Resíduo sólido (g)</b>	<b>Perda água (%)</b>	<b>Resíduo sólido (%)</b>	<b>Temperatura máxima</b>
<b>Verde 1</b>	8,242	775	89,515	6,447	48°C
<b>Verde 3</b>	8,645	657	92,401	7,599	36°C
<b>Rosa</b>	7,926	679	86,161	7,845	44°C

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Portanto, diante dos resultados obtidos, pode-se perceber que a redução do volume foi bastante significativa, e que o método de secagem ao sol foi eficaz, e por ser um método de baixo custo, pode ser utilizado em qualquer instituição, contribuindo para uma química mais sustentável e um meio ambiente menos poluído.

### 4.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

O teor de água foi determinado pelo processo gravimétrico a partir de secagem direta em estufa a 105 °C, em triplicata. Após secagem as amostras foram pesadas e maceradas (Figura 9).

**Figura 9.** Amostras depois de maceradas.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Após esse procedimento as amostras foram colocadas na estufa a 105 °C, durante 15 horas, depois desse período, as amostras secas foram retiradas do interior da estufa e permaneceram em dessecador até seu resfriamento por aproximadamente 20 minutos, até que as amostras entrassem em equilíbrio com a temperatura ambiente.

As amostras secas foram pesadas novamente em uma balança analítica, obtendo assim os resultados finais. As percentagens de umidade presente nas amostras podem ser observadas na Tabela 4 a seguir:

**Tabela 4.** Teor de umidade ainda remanescente nas amostras secadas ao sol.

Resíduo	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 mix (g)	Perda de H <sub>2</sub> O(%)
<b>Verde 1</b>	5,01	5,01	5,53	4,80
<b>Verde 3</b>	5,00	5,00	9,01	5,57
<b>Rosa</b>	4,97	4,45	9,00	5,33

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Esta fase do processo de secagem foi feita para a análise de composição química no EDX, pois a água livre na amostra pode comprometer o equipamento de análise, bem como alterar as proporções quantitativas da amostra. Pode-se observar que após a secagem ao sol a

umidade remanescente apresenta um percentual muito baixo, mediante o valor médio de cada amostra.

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS

A análise química quantitativa dos resíduos, foi realizada pelo método de Espectroscopia de Raios-X por Energia Dispersiva (EDX), foi feita em triplicada para resultados mais precisos, tendo como objetivo identificar os óxidos mais estáveis dos elementos químicos, em forma de percentuais. Com isso, os elementos químicos com os valores mais significativos encontrados no resíduo designado verde 1, a partir da determinação da composição química podem ser observados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Elementos químicos encontrados na amostra verde 1 com seus valores médios e desvio padrão.

<b>Elementos químicos</b>	<b>Verde 1 amostra 1 (%)</b>	<b>Verde 1 amostra 2 (%)</b>	<b>Verde 1 mix (%)</b>	<b>Valor médio (%)</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>W</b>	35,471	36,034	36,215	35,907	± 0,0039
<b>Ni</b>	21,471	21,711	21,676	21,619	± 0,0013
<b>Mo</b>	22,75	21,94	21,60	22,097	± 0,0059
<b>Zn</b>	4,834	4,928	4,903	4,888	± 0,0005
<b>K</b>	4,459	4,418	4,503	4,460	± 0,0004
<b>P</b>	3,455	3,285	3,432	3,391	± 0,0009
<b>Fe</b>	2,091	2,092	2,072	2,085	± 0,0001
<b>Co</b>	1,929	1,978	1,960	1,956	± 0,0002

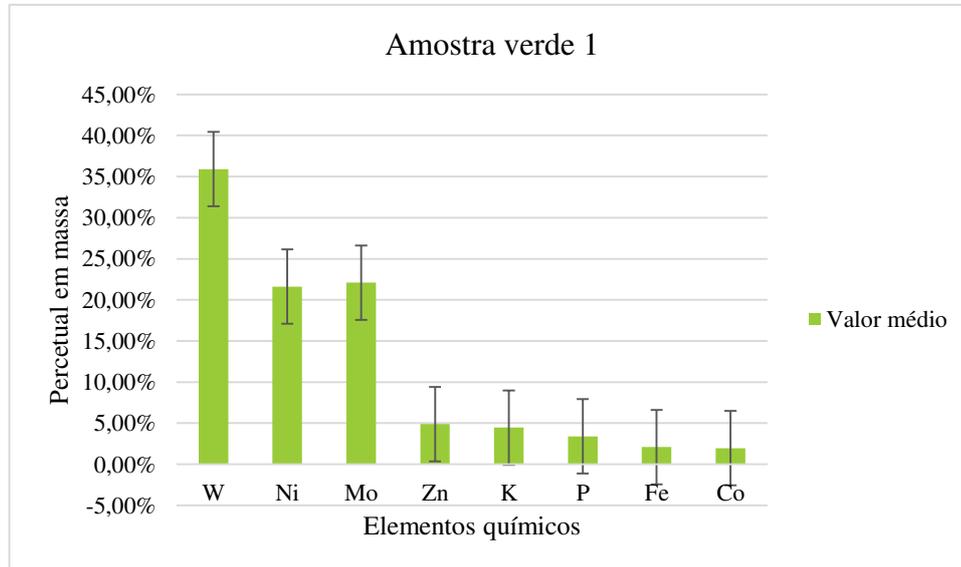
**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Mediante a Tabela 5, pode-se perceber que este resíduo possui um elevado teor de Tungstênio presente no mesmo, estando também presentes concentrações poucas significativas de Níquel, Molibdênio, Zinco, Potássio, Fósforo, Ferro e Cobalto. Portanto, verificou-se que os elementos encontrados, estão de acordo com o levantamento feito por Souza (2016), em relação aos metais utilizados nas pesquisas.

Observa-se no Gráfico 2 os resultados dos diferentes elementos químicos presente neste resíduo em forma de percentual. Mediante isto, observa-se que o Tungstênio é predominante

na composição 35,91%, sendo possível ainda assim analisa o valor médio e desvio padrão, de cada elemento químico em porcentagens menores.

**Gráfico 2.** Elementos químicos da amostra verde 1 e seus percentuais.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Para o resíduo designado como verde 3, os elementos químicos com os valores mais significativos, encontrados no mesmo a partir da determinação da composição química, podem ser observados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Elementos químicos encontrados na amostra verde 3 com seus valores médios e desvio padrão.

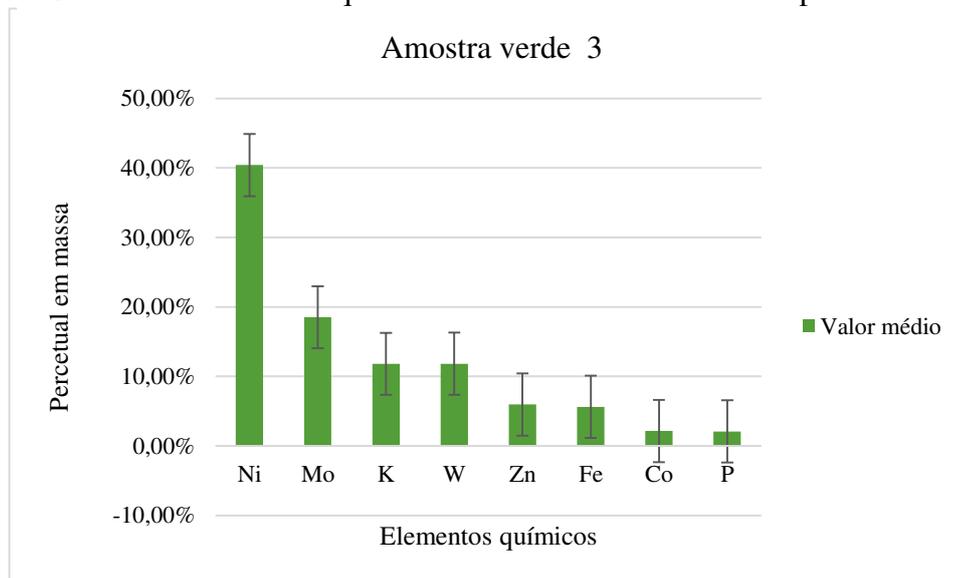
ELEMENTOS QUÍMICOS	Verde 3 amostra 1 (%)	Verde 3 amostra 2 (%)	Verde 3 mix (%)	Valor médio (%)	Desvio padrão
Ni	40,660	39,505	41,072	40,412	±0,0081
Mo	18,14	19,11	18,29	18,513	±0,0052
K	11,830	12,424	11,631	11,801	±0,0056
W	11,348	12,000	11,631	11,802	±0,0018
Zn	6,106	5,826	5,936	5,956	±0,0014
Fe	5,836	5,462	5,524	5,607	±0,0020
Co	2,134	2,133	2,125	2,131	±0,0000
P	2,074	2,118	2,028	2,073	±0,0005

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Podendo ser notado um elevado teor de Níquel presente na mesma, estando presentes também concentrações poucos significativas, de Molibdênio, Potássio, Tungstênio, Zinco, Ferro, Cobalto e Fosforo.

Observa-se no Gráfico 3 os resultados dos diferentes elementos químicos presente neste resíduo, em forma de percentual e os valores médios dos elementos em porcentagem de óxidos, onde o Níquel é predominante na composição 40,41%, sendo possível ainda assim analisa o valor médio e desvio padrão, de cada elemento químico em porcentagens menores.

**Gráfico 3.** Elementos químicos da amostra verde 3 e seus percentuais.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Para o resíduo designado como rosa, os elementos químicos com os valores mais significativos, encontrados no mesmo a partir da determinação da composição química, podem ser observados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Elementos químicos encontrados na amostra rosa com seus valores médios e desvio padrão.

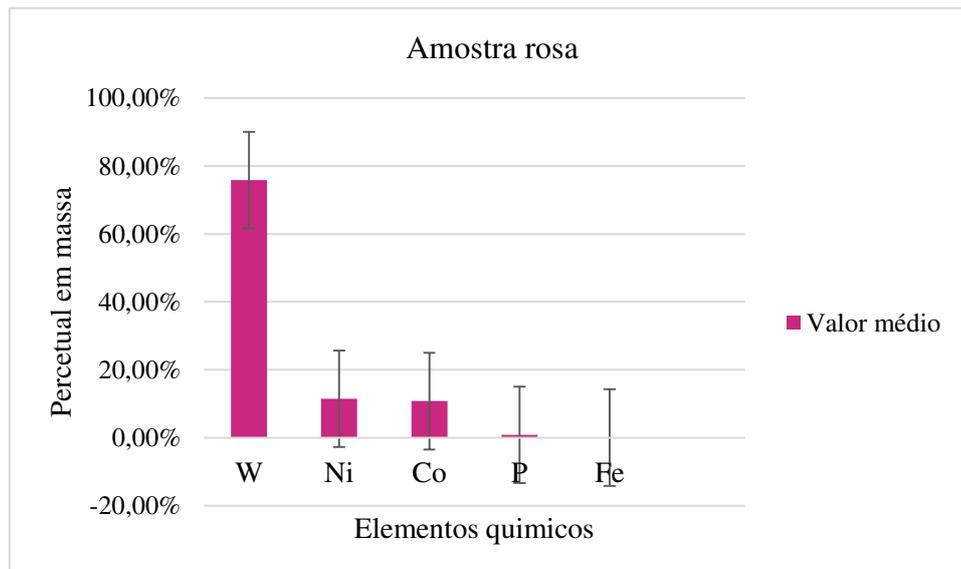
Elementos químicos	Rosa amostra 1 (%)	Rosa amostra 2 (%)	Rosa mix (%)	Valor médio (%)	Desvio padrão
W	76,12	75,40	75,93	75,82	± 0,0037
Ni	11,39	11,64	11,43	11,49	± 0,0133
Co	10,55	11,07	10,78	10,80	± 0,0026
P	0,90	0,86	0,80	0,88	± 0,0005
Fe	0,06	0,07	0,06	0,06	± 0,0001

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Podendo ser notado um elevado teor de Tungstênio presente na mesma, estando presentes também concentrações poucos significativas de Níquel, Cobalto, Fosforo e Ferro.

Observa-se no Gráfico 4, os resultados dos diferentes elementos químicos presente neste resíduo, em forma de percentual e os valores médios dos elementos em porcentagem de óxidos, onde o Tungstênio é predominante na composição 75,82%, sendo possível ainda assim analisa o valor médio e desvio padrão, de cada elemento químico em porcentagens menores.

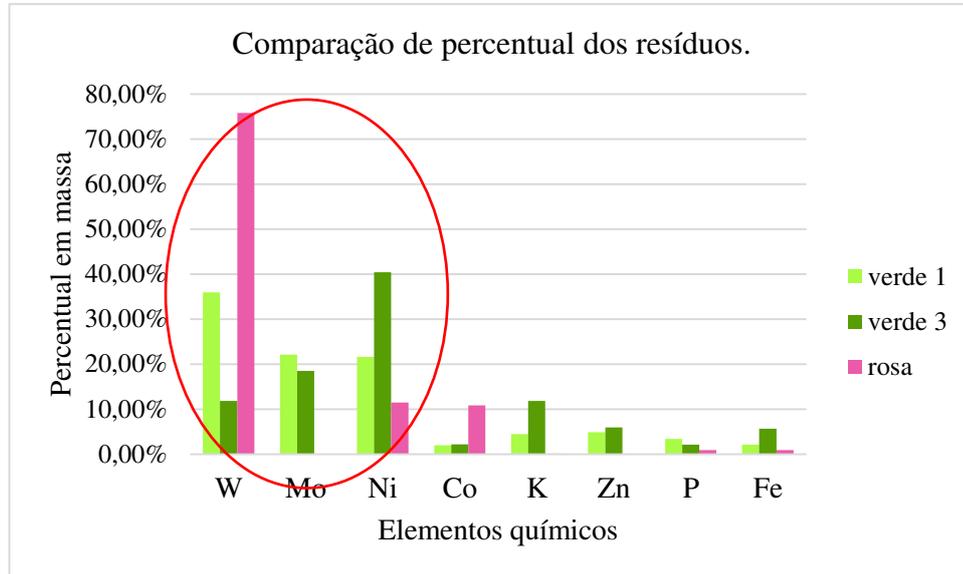
**Gráfico4.** Elementos químicos da amostra rosa e seus percentuais.



Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

A partir do Gráfico 5 é possível compara as 3 amostras analisadas, em relação aos elementos encontrados e seus respectivos percentuais.

**Gráfico 5.** Comparação das amostras analisadas.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Pode-se perceber que das 3 amostras analisadas, a amostra Rosa e a Verde 1 predomina um grande percentual de Tungstênio e Níquel respectivamente, compreende-se a partir destes resultados que estes resíduos podem ser designados resíduos perigosos, de classe I de acordo com a norma técnica NBR 10.004/2004, devido a sua periculosidade presente nos metais encontrados.

Diante dos resultados obtidos pela análise de EDX, ficou comprovado que os metais têm cores predominantes, em relação as soluções utilizadas nas pesquisas, sendo a mesma geradora dos resíduos analisados citadas por Souza (2016). Portanto a cor que mais predominar nos resíduos são as cores das soluções mais fortes.

#### 4.5 PRECIPITAÇÃO COM ÁCIDO CLORÍDRICO 6,0 M

A técnica de precipitação usada em laboratório, em geral é executada em béquer com adição lenta do reagente perante agitação constante, ou a partir de uma solução homogênea (BACCAN et al., 2001)

A partir da adição do ácido clorídrico nos resíduos em forma de pó, observou que todas as amostradas sofreram diluição imediata, iniciando assim uma precipitação nas mesmas. Destacando, que a amostra rosa a precipitação aconteceu mais intensamente

formando um precipitado branco, e já na verde 1 e verde 3 apresentaram a formação de espuma, frisando que no resíduo verde 3, a formação de espuma foi mais forte e logo em seguida formou um precipitado azul no verde 1 e um verde escuro no verde 3.

As amostras dos resíduos permaneçam em digestão por 24 horas, após este período observou-se a formação de precipitado diferentes em todas as amostras, na qual as mesmas apresentaram cores diferentes, em relação a cor inicial, e uma significativa diferença no volume do precipitado, e dos sobrenadantes, (Figura 10).

**Figura 10.** Amostra após 24 horas de repouso.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Após toda a sedimentação foi adicionado álcool comercial em todas as amostras, para melhor separação do precipitado e lavagem deste, o mesmo foi escolhido por ele ser um produto que não se dissolve ao meio, seguido por filtração a vácuo conforme mostra a (Figura 11), e colocado o sobrenadante em três béqueres diferentes (Figura 12).

**Figura 11.** Sistema de filtração a vácuo.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

**Figura 12.** Sobrenadantes das amostras.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

O sobrenadante do resíduo rosa foi transferido para um tubo de ensaio. Sendo feito um teste, com o sobrenadante que formou um precipitado com NaOH. Dado este observado antes, que o resíduo não ocorria precipitação em meio básico, isto pode ser atribuído aos metais estarem complexados com ligantes, presentes para manter os metais em solução, requisito necessário para processo de eletrodecomposição que foram usados. Podendo concluir então que a adição de HCl no resíduo, na forma sólida elimina a complexação dos resíduos, permitindo agora a precipitação em meio básico, como indica as literaturas usuais.

Após a filtração dos precipitados, foi observado que amostra rosa formou um precipitado branco prateado, na amostra verde 1 formou um precipitado azul escuro, e na amostra verde 3 formou mono cristais verdes, conforme mostra a (Figura13).

**Figura 13.** Amostras após a filtração a vácuo.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Após o processo de filtração as amostras, foram levados para a estufa a 105°C, por 4 horas para secagem, a (Figura 14), mostra o aspecto dos precipitados depois de secos.

**Figura 14.** Precipitados após a secagem na estufa.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Em seguida os sólidos obtidos, foram pesados e armazenado em um dessecador. A Tabela 8 a seguir mostra os valores obtidos após a secagem.

**Tabela 8.** Valores obtidos dos precipitados após a secagem na estufa.

<b>Amostras</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa final (g)</b>	<b>Perda (%)</b>
<b>Rosa</b>	10,0785	1,924	80,91
<b>Verde 1</b>	10,0627	0,466	95,37
<b>Verde 3</b>	10,0496	1,445	85,62

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Mediante a Tabela 8, pode-se perceber que as amostras perderam uma significativa quantidade, de material após a precipitação e a separação, isso mostra que a separação dos metais foi satisfatória, com a adição do HCl. Podendo assim concluir que a metodologia utilizada é de baixo custo, portanto a mesma pode ser considerada como um tratamento ambientalmente correto e econômico, pois o mesmo é um método quimicamente sustentável, uma vez que o resíduo é tratado e pode ser recuperado para uma posterior utilização.

Salientando que as reações de precipitação de metais, necessitam de uma compreensão da química clássica. Portanto o estudo das precipitações químicas dos metais é indispensável, para se desenvolver um processo de reciclagem ou recuperação de resíduos químicos. (AFONSO, 2003).

#### 4.6 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS PRECIPITADOS

Após a secagem dos precipitados, eles foram submetidos à análise de EDX. Tendo como objetivo identificar quais os metais presentes em cada precipitado. Onde os elementos químicos, encontrados em maior concentração podem ser observados na Tabela 9.

**Tabela 9.** Elementos químicos encontrados em maior concentração nos precipitados.

<b>Precipitado</b>	<b>Elemento químico em maior concentração</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Rosa</b>	W	93,218%
<b>Verde 1</b>	W	66,955%
<b>Verde 3</b>	Ni	52,830%

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2017.

Mediante a Tabela 9, pode-se perceber que os precipitados analisados apresentaram, 93,218% de Tungstênio, para o precipitado do resíduo rosa, 66,955% de Tungstênio para o precipitado do resíduo verde 1, e 52,830% de Níquel para o precipitado do resíduo verde 3. Ficando assim comprovado, que a técnica de separação através da precipitação com HCl foi eficaz, uma vez que os metais encontrados estão de acordo os metais utilizados em maior concentração, nas pesquisas realizadas no LEC.

Sendo agora possível reutilizar estes precipitados, em aulas experimentais uma vez que os experimentos realizados não são quantitativos, ou seja, não vai interferir nos resultados dos experimentos. Portanto todos os métodos utilizados, apresentaram resultados positivos podendo ser de grande utilidade para a recuperação de resíduos, diminuindo assim a poluição ambiental como também os custos de tratamento, e gastos obtidos na compra destes metais, destacando, que estes metais que foram recuperados possui um preço alto no mercado.

## 5. CONCLUSÕES

Com a realização deste trabalho, conclui-se que, o método de secagem ao sol foi eficaz, obtendo assim resultados satisfatórios na redução do volume dos resíduos líquidos a fase sólida, podendo ser o mesmo utilizado, em qualquer instituição para reduzir os resíduos laboratoriais, gerados no mesmo. As análises de EDX permitiu, identificar e quantificar os metais presentes em cada amostra, facilitado assim, a separação desses metais.

Mediante a precipitação química foi possível separar os metais com a adição do ácido clorídrico, formando precipitados com cores características dos metais utilizados nas pesquisas realizadas do LEC, destacando ainda a formação de monos cristais verdes, idênticos ao cloreto de níquel, no qual mediante a análise de EDX, realizada no precipitado, foi comprovado que o mesmo é Níquel. Portanto, o processo de precipitação, no tratamento primário do resíduo analisado mostrou-se ser bastante eficiente e satisfatório.

Desta forma, o método desenvolvido para a redução dos resíduos é viável e de baixo custo, podendo assim ser realizado pelos próprios geradores do resíduo do laboratório. Frisando que a técnica de EDX, foi de total importância, para a separação dos metais como também para a formação dos monos cristais, visando que a mesma identificou os elementos em maior concentração, na precipitação química e nos precipitados obtidos. Concluindo então que, todos os métodos desenvolvidos foram válidos, e que a partir deles, foi possível recuperar os metais presentes nos resíduos, com uma alta probabilidade de serem reutilizados em aulas experimentais.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABNT - **Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos sólidos – Classificação: NBR 10004.** Rio de Janeiro, 2004.
- AFONSO, J.C.; NORONHA, L.A.; FELIPE, R.P.; FREIDINGER, N. **Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final.** Química Nova, v. 26, p.602-611, 2003.
- ALBUQUERQUE, T. T. **Tratamento de resíduo rico em Cromo proveniente de análises laboratoriais.** 44f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- AMORIM M. C. M. **Proposta de tratamento e aproveitamento dos resíduos provenientes de uma unidade industrial de beneficiamento de quartzito.** 42f. TCC (Graduação) – Universidade estadual da Paraíba, Centro de Ciência e tecnologia, Campina Grande, 2012.
- A VOGEL. **Química analítica qualitativa.** 5. ed. São Paulo: Ed. Mestre Jou, 1981. 665 p.
- BACCAN, N.; ANDRADE, J.C. de; GODINHO, O. E. S. **Química analítica quantitativa elementar.** 3. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2001.
- BALDISSERA, Leonardo. **Recuperação de resíduos de Cobalto oriundos dos laboratórios de química da UTFPR.** 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química, Departamento de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.
- BRASIL. **Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). Acesso em: 13 Dez 2016.
- BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005. **Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>. Acesso em: 05/12/2016.
- BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 Publicada no DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes,**

**complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>. Acesso em: 01/12/2016.

CRUZ, J. A. R. **Plano de gerenciamento dos resíduos Sólidos da Universidade Federal de Goiás.** Goiânia, 2008.

DI VITTA, P. B. **Gerenciamento de resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino e pesquisa: procedimentos gerais.** São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/met/images/arquivos/17MET/minicursos/minicurso%20patricia%20texto.pdf> Acesso em 15 nov. 2016.

FEROLDI, A. P. **Gerenciamento de resíduos utilizados em aulas Práticas de química.** 40f. Monografia (Especialista) Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Pólo de Araras, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Medianeira, 2014.

FERREIRA, V. F.; DA ROCHA, D. R.; DA SILVA, F. C. **Química Verde, Economia Sustentável e Qualidade de Vida.** Revista Virtual Química, v.6, n.1, p. 85-111, 2014,

GIL, E. S. GARROTE, C. F. D. CONCEIÇÃO, E. C. SANTIAGO, M. F. SOUZA, A. R. **Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos Químicos farmacêuticos.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v.43, n.1, p.19-29, 2007.

GONZAGA, F. A.; FREITAS, T. L.; CAMILO, A. C.; SILVA, A. A. G.; GONÇALVES, D. **Gestão, certificação e auditoria ambiental: análise em uma empresa no segmento de galvanoplastia.** 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análises de alimentos.** Coordenadores: Odair Zenebon; Neus Sadoco Pascuet & Pablo Tigea. Ed. 4, 1ª Edição Digital, São Paulo, 2008.

JARDIM, W. F. **Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa,** QUÍMICA NOVA, v.21, n.5, p.671-673, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n5/2943.pdf> Acesso em 20 nov. 2016.

JUNIOR, L. M. B. **Biosorção de metais pesados presentes em águas de produção da indústria de petróleo.** 134f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande

do Norte, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Natal, 2001.

LADEIRA, A. C. Q.; PEREIRA, D. B. A. **Avaliação do potencial poluidor da indústria galvânica: caracterização, classificação e destinação de resíduos.** Metalurgia e Materiais, Ouro Preto, v. 61, n. 3, p.385-390, 2008.

MADEIRA, V. S. **Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas naturais.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MATIAS, W. N. **Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos sólidos do laboratório de farmacotécnica do departamento de ciências farmacêuticas-UFPB.** João Pessoa – PB, Setembro, 2013.

MOREIRA, D. R. **Desenvolvimento de adsorventes naturais para tratamento de efluentes de galvanoplastia.** 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Tecnologia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

NOGUEIRA, L. S.; PASQUALETTO, A.; **Plano de prevenção de riscos ambientais (PGRA) para empresas de galvanoplastia.** 28 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

PINTO, F. M. **Resíduo de lodo galvânico: caracterização, tratamento, recuperação e reuso.** 130 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agroquímica, Pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

REIS, H. G. L.; OLIVEIRA, A. M. V. F.; MELO, A. M.; CARVALHO, G. R. G.; COSTA, I.; SOUZA, L. S. **Inventário dos resíduos gerados nas aulas práticas de química nos laboratórios docente.** FUNEC – Fundação de Ensino de Contagem Unidade CENTEC, 2012.

RODRIGUES, D. C. **Proposição de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos para o centro integrado de operação e manutenção da CASAN (CIOM).** 127 f. TCC (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico, Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2015.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; JÚNIOR, J. L. F.; CASTRO, M. C. A. A. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, 2002.

SCHULTZ, D. R. **Recuperação de metais pesados (Pb, Cu e Ni) de efluentes industriais utilizando reator eletroquímico Feito de leito particulado**. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis, v. 8, n. 9, p.1-10, 2004.

SILVA, F. M. S. **Avaliação do método de precipitação química Associado ao stripping de amônia no tratamento do lixiviado do aterro da Muribeca-PE**. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, 2008.

SOUZA, I. R. S. **Caracterização físico-química dos resíduos líquidos gerados no laboratório de eletroquímica e corrosão do CES – UFCG**. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Licenciatura em Química, Unidade acadêmica de biologia e química, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2016.

TOSTA, S. S. **Diagnóstico e Propostas para o Gerenciamento de Resíduos Químicos Laboratoriais no Instituto de Química da UFBA**. 98 f. . Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal da Bahia. Escola politécnica, Salvador, 2014.

VAZ, I. G. de I.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A. da; BARBIERO, t. A.; BERGAMASCO, R. **Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia**. Eclética Química, São Paulo, v.35, n. 4: p.48 - 53, 2010.

VAZ, L. G. L. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento do efluente líquido gerado na galvanoplastia**. 83 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Toledo, 2009.

WERMUTH, D.; SILVA, E. S. **Recuperação e recristalização de resíduos de níquel oriundos de aulas práticas no laboratório de química da UTFPR**. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.