



### III-145 - APLICAÇÃO DO CICLO PDCA NO GERENCIAMENTO AMBIENTAL DOS RESÍDUOS DE UMA UNIDADE DE TRATAMENTO DE GÁS NATURAL

**Bruna Neumann<sup>(1)</sup>**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES). Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Técnica em Operação Júnior na Petrobrás.

**Raquel Machado Borges**

Engenheira Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professora da Coordenadoria de Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua dos Curiós, Nº11 – Bairro – Eurico Salles – Vitória, ES. Cep: 29160-270 – Brasil -Tel.:+55 (27)3318-4446 – e-mail: brunaneumann@click21.com.br

#### RESUMO

O petróleo é uma importante fonte energética para o país, porém, sua exploração gera resíduos que precisam ter manejo adequado para evitar a poluição ambiental. Neste contexto, a proposta de gerenciamento dos resíduos do laboratório de uma unidade de tratamento de gás natural, a partir da utilização do ciclo PDCA, contribuirá para evitar, minimizar a geração de resíduos, estimular o seu reaproveitamento, estabelecer técnicas de tratamento e orientação para a correta disposição final. O presente trabalho teve por finalidade propor o gerenciamento dos resíduos utilizando os dados obtidos a partir de análises quali-quantitativas dos resíduos e da descrição dos aspectos e impactos ambientais. Para isso, realizou-se o levantamento, classificação e quantificação dos resíduos, além da descrição dos aspectos e impactos ambientais por meio do filtro de significância, que possibilitou elaborar sua matriz de análise de significância. Os resultados da análise qualitativa revelaram um certo grau de severidade quanto às características toxicológicas dos produtos, além disso, a maior frequência de resíduos líquidos foi classificada como orgânico e a maior parte dos resíduos sólidos como Classe IIA. Em relação à análise quantitativa, os resultados demonstraram que a maior frequência de resíduos líquidos e sólidos encontrada provém da amostra de LGN (Líquido de Gás Natural) com água, e que o alto percentual de recuperação do Meg (Monoetilenoglicol) contribui para a minimização dos resíduos líquidos gerados. A matriz de significância revelou que os aspectos significativos estão todos contidos na atividade de realização das análises químicas. Assim, estes resultados contribuíram para a proposição de recomendações que possibilitem um progresso nas ações já existentes e a adoção de medidas voltadas à gestão ambiental no laboratório, que representam um diferencial na integração das questões sócio-econômico-ambientais da empresa. Vale ressaltar que é fundamental a participação de todos os envolvidos (empresa, funcionários e sociedade) para efetivar a implantação do gerenciamento dos resíduos e alcançar a sustentabilidade ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerenciamento ambiental. PDCA. Laboratório químico. Processamento do gás natural. Resíduos.

#### INTRODUÇÃO

A gestão da atividade produtiva influencia diretamente a produtividade e a competitividade da empresa, através da maior eficiência no uso de materiais no processo produtivo e da redução das despesas com a disposição final de resíduos sólidos, a fim de alcançar uma melhoria no desempenho ambiental da empresa. Considerando que os processos produtivos de uma empresa possam causar alterações maléficas ao meio ambiente, urge a necessidade de uma gestão ambiental específica para agregar as informações sobre os fatores que provocam a degradação ambiental e intervir de forma contínua no processo produtivo da empresa. Assim, torna-se possível avaliar e selecionar as medidas adequadas de controle, combate ou prevenção à poluição (MONTEIRO, 2003).

Neste contexto, a série ISO 14.000 visa caracterizar as empresas no que se refere a padrões de gestão ambiental, pois na indústria são necessários parâmetros que determinem a produção sob o enfoque da

preservação ambiental (AVIGNON (2000) apud ANDRES, 2001). Segundo Affonso (2001), o sistema de gestão ambiental apresentado pela ISO 14.001 segue o modelo de PDCA proposto por Deming (1990), que consiste, basicamente, em **Planejar** (no inglês, *Plan*), **Desenvolver** (no inglês, *Do*) o que foi planejado, seguidamente **Checar** (no inglês, *Check*) o resultado do que foi desenvolvido e comparar com o que foi planejado e, em caso de não conformidades, **Atuar** (no inglês, *Act*) analisando as causas fundamentais, que levam a um replanejamento. A Figura 1 abaixo apresenta as 4 fases do ciclo PDCA.

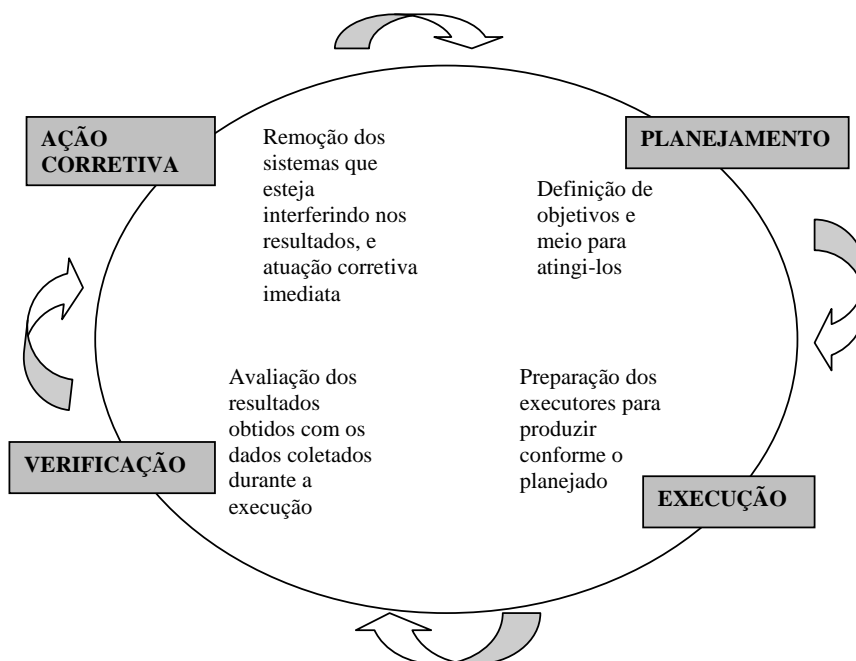


Figura 1. As fases do Ciclo PDCA. Fonte: Unicamp (2008)

Os requisitos da norma ISO 14.001 devem estar inseridos no processo produtivo, a fim de permitir o gerenciamento ambiental e buscar garantir o atendimento à política ambiental da organização, que deve contemplar os compromissos com a prevenção à poluição, melhoria contínua, atendimento aos requisitos legais e à consecução dos objetivos e metas ambientais estabelecidos pela organização.

Para realizar um adequado sistema de gestão ambiental, as empresas têm adotado políticas de produção mais limpa (PML), pois propicia um movimento de “melhoria contínua”, vantagem competitiva para a empresa, conformidade com as regulamentações ambientais e com a responsabilidade social e ética da empresa. O processo de melhoria contínua envolve a utilização racional e produtiva dos insumos, reduzindo custos de produção, então, as mudanças e as novas tecnologias, incorporadas ao processo produtivo, podem tornar-se fonte de novas oportunidades de negócio para a empresa (CHRISTIE et al (1995) apud LEMOS, 1998).

Este trabalho tem como objetivo propor o gerenciamento ambiental dos resíduos gerados no laboratório químico de uma unidade de tratamento de gás natural, a partir da utilização do ciclo PDCA, uma importante ferramenta de qualidade de gestão.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no laboratório químico de uma unidade de tratamento de gás natural, que recebe amostras para análises físico-químicas provenientes de 2 pontos de coleta. O primeiro ponto se localiza na chegada do gás e do líquido de gás natural (LGN) proveniente de uma plataforma, e o segundo ponto se localiza na unidade regeneradora de monoetilenoglicol (MEG) da planta de ajuste de ponto de orvalho do gás (UAPO). No ponto de amostra do LGN são coletados 1000ml por amostragem e a periodicidade da coleta adotada para realizar a quantificação dos resíduos é de aproximadamente 3 em 3 dias dependendo da necessidade de envio do Pig da plataforma até à UTGC, com a função de realizar a limpeza e deslocar o LGN do duto até a Unidade. Assim, utilizou-se a frequência mensal média de 6 análises para calcular o total de



resíduos mensal (média por análise vezes Frequência mensal). Para o cálculo dos indicadores anuais para amostra de LGN utilizou-se a quantidade total de resíduos gerados por mês vezes 12.

Os pontos de amostras do Meg Exausto e Regenerado estão na Unidade Regeneradora de Meg (Figura 2). Os dados foram coletados no período de setembro a novembro de 2007. A coleta de Meg é feita na entrada e saída da Unidade Regeneradora, a fim de amostrar o Meg exausto (Meg + 27% de água) e o Meg regenerado (Meg + 17% de água).



**Figura 2 : Unidade Regeneradora**

As coletas na unidade de MEG possuem uma periodicidade de aproximadamente 4 horas. Para o cálculo do total de resíduos por mês utilizou-se a média por análise vezes frequência mensal (180 análises), visto que são feitas 6 análises diárias. Para o cálculo dos indicadores anuais para as amostras de Meg da Unidade Regeneradora utilizou-se a quantidade total de resíduos gerados por mês vezes 12.

## ETAPAS METODOLÓGICAS DO CICLO PDCA

A fase de planejamento consiste nas etapas desenvolvidas nesta pesquisa. A etapa 1 iniciou-se a partir do acompanhamento prévio da rotina do laboratório químico, possibilitando identificar os principais resíduos gerados a partir da elaboração de fluxogramas de entrada e saída.

Em seguida, na etapa 2, realizou-se a avaliação quali-quantitativa dos resíduos, que permitiu classificar os resíduos líquidos a partir de conceitos químicos fundamentados em suas características físico-químicas e toxicológicas, conforme as fichas químicas dos produtos. A classificação dos resíduos sólidos foi obtida a partir da NBR 10004/04. A partir da identificação dos resíduos buscaram-se informações sobre a possibilidade de haver incompatibilidade química entre os compostos e foi elaborada uma planilha de aspectos e impactos ambientais pertinentes a cada atividade do laboratório, com o auxílio de filtro de significância, conforme sugere a NBR 14.001/04. Para a avaliação quantitativa, os resíduos gerados por mês foram quantificados com base na quantidade de reagentes/amostras utilizados em cada análise e na frequência das análises.

Na etapa 3, realizou-se o tratamento dos dados quali-quantitativos, por meio de gráficos visando representar estatisticamente estes dados. Após o tratamento dos dados, na etapa 4 foi desenvolvida a proposta de gerenciamento ambiental levando-se em consideração uma sequência de prioridades: prevenção, minimização, reaproveitamento, tratamento e a disposição final adequada. Finalmente, as outras 3 fases estabelecidas pelo PDCA (Execução, Verificação e Ação Corretiva) no gerenciamento dos resíduos, deverão ser implementadas de acordo com a proposta elaborada na fase de planejamento do ciclo.

## RESULTADOS

### Primeira Etapa

Nesta etapa, após o acompanhamento da rotina laboratorial, foi observada a implementação da coleta seletiva, como mostra a Figuras 3. Os coletores estão corretamente identificados e os técnicos do laboratório utilizam o



recurso adequadamente, segregando os resíduos gerados. Os resíduos líquidos são coletados sem separação em uma caixa receptora (Figura 4) e posteriormente destinados ao tratamento final fora da unidade geradora.



Figura 3: Coleta Seletiva



Figura 4: Caixa Receptora

A partir do levantamento dos resíduos foram identificados os principais resíduos gerados, conforme os fluxogramas de entrada e saída abaixo (Figuras 5 e 6):

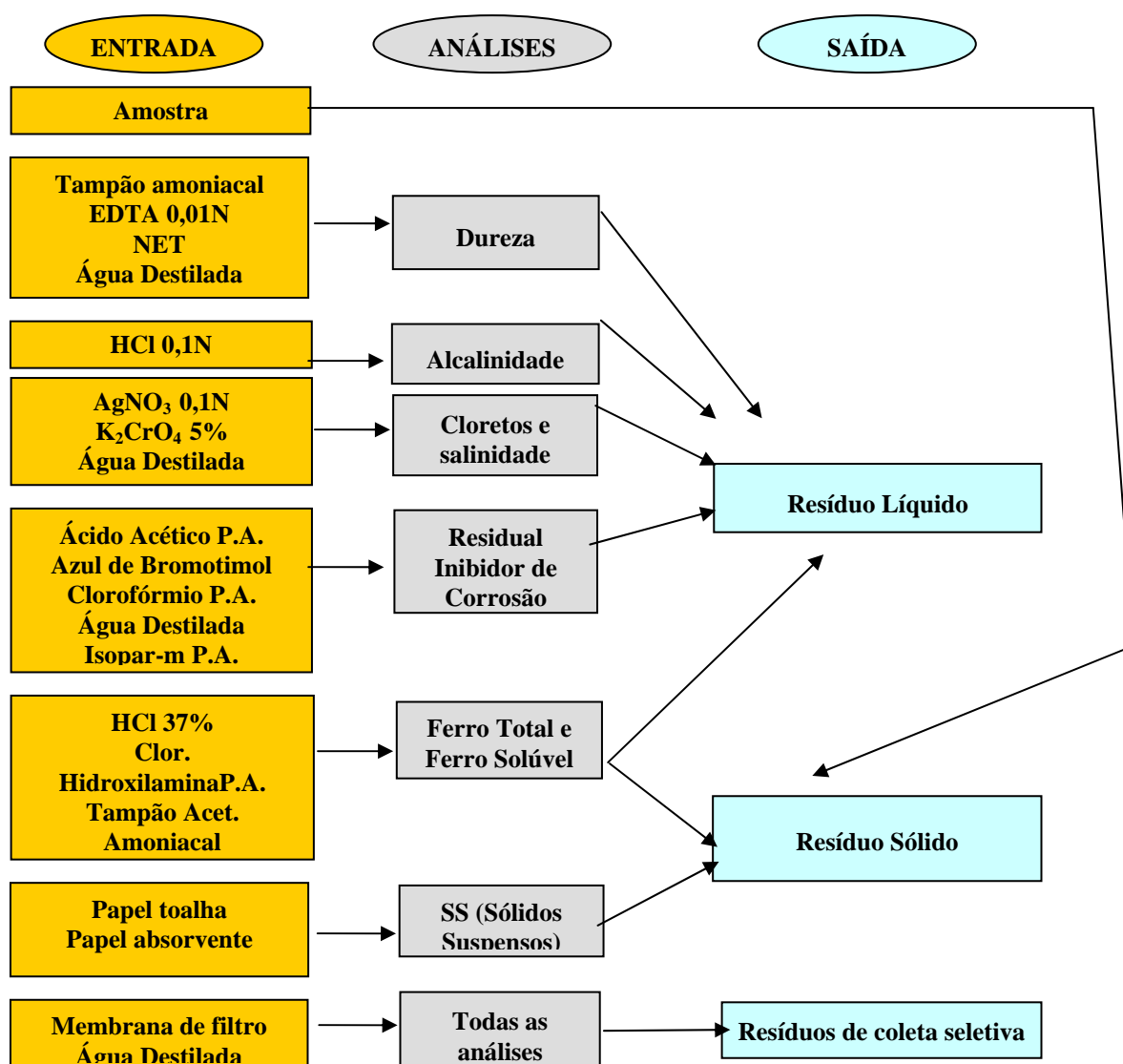


Figura 5: Resíduos gerados nas análises de LGN

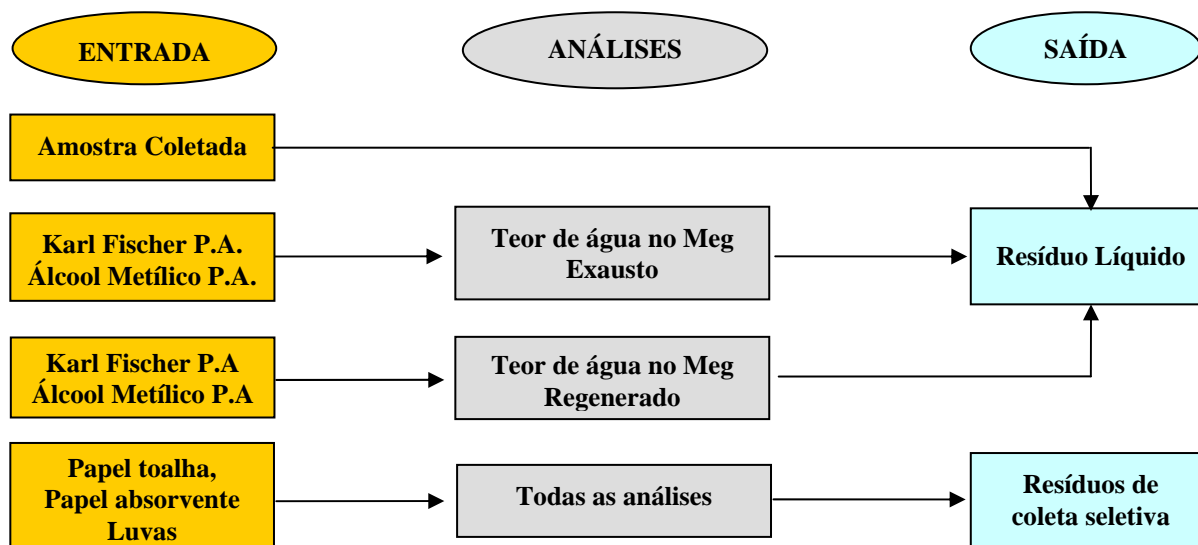


Figura 6: Resíduos gerados nas análises do teor de água do Meg na Unidade Regeneradora

## Segunda Etapa

### Avaliação Qualitativa para amostras de LGN

A composição química do LGN possui substâncias perigosas, porém, a classificação dos resíduos líquidos da análise de sólidos suspensos é feita com a parte aquosa do LGN que não é constituída por essas substâncias. A amostra do residual inibidor de corrosão é proveniente do LGN, logo, apresenta as substâncias químicas perigosas, tais como, benzeno, tolueno e xileno. As amostras de cada análise correspondem a um percentual da amostra de LGN coletada, por isso só foi classificada no quadro 1 a amostra total de LGN. O Quadro 1 apresenta a classificação dos resíduos líquidos contidos na amostra de LGN, a partir da identificação dos resíduos (amostras e reagentes), assim como a periculosidade dos mesmos.

Quadro 1: Classificação dos Resíduos Líquidos de LGN

Local de Coleta das Amostras	Fonte Geradora (Análises)	Identificação dos Resíduos (Reagentes e Amostras)	Substância Potencialmente Perigosa	Classificação
Chegada do gasoduto	Amostra	LGN (com 1% água)	Benzeno, Tolueno, Xileno	Orgânico
	Dureza	Tampão Acetato Amoniacal, EDTA 0,1N (Ácido etilenodiaminotetracético), Água Destilada	Não há	Orgânico
	Alcalinidade	HCl 0,1N (Ácido clorídrico)	Não há	Inorgânico
	Cloretos e Salinidade	AgNO <sub>3</sub> (Nitrato de prata), K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> (cromato de potássio), Água Destilada	Ag <sup>+</sup> , Cr <sup>6+</sup>	inorgânico
	Residual Inibidor de Corrosão (Água)	Ácido Acético, Azul de Bromotimol, Clorofórmio, Água Destilada	Clorofórmio	Orgânico
	Residual Inibidor de Corrosão (LGN)	Ácido Acético, Azul de Bromotimol, Clorofórmio, Água Destilada, Isopar-M	Clorofórmio	Orgânico
	Ferro Total e Ferro Solúvel	HCl concentrado, Cloridrato de Hidroxilamina, Tampão Acetato Amoniacal, Ortofenantrolina, Água Destilada	Não há	Inorgânico-orgânico
	SS	Água Destilada, Amostra	Não há	Orgânico



Os resíduos sólidos gerados no laboratório provenientes da amostra de LGN correspondem às análises de ferro, sólidos suspensos, cloretos e salinidade, além da amostra. A composição química da parte sólida do LGN não possui substâncias perigosas, portanto, a classificação dos resíduos sólidos da análise de sólidos suspensos (membrana de filtro), ferro total e solúvel também não contém essas substâncias, conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2: Classificação dos resíduos sólidos de LGN**

Local de Coleta das Amostras	Fonte Geradora (Análises)	Identificação dos Resíduos (Reagentes)	Substância Potencialmente Perigosa	Classificação
Chegada do gasoduto	Amostra	LGN	Não há	Classe II A
	Ferro Total e Ferro Solúvel	Membrana de filtro	Não há	Classe II A
	SS	Membrana de filtro	Não há	Classe II A
	Cloretos e Salinidade	AgNO <sub>3</sub> (Nitrato de prata), K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> (cromato de potássio)	AgCl (Precipitado neutro)	Classe I
	Dureza	NET (Negro de Eriocromo)	Não há	Classe II A

A maioria dos resíduos sólidos foi classificada como Classe IIA, somente o precipitado formado durante as análises de cloretos e salinidade deve ser encaminhado ao aterro industrial, pois é classificado como Classe I. Vale ressaltar que todas as análises podem gerar resíduos de coleta seletiva, que podem ou não estar contaminados com algum resíduo perigoso, em função de sua utilização no laboratório. Esses resíduos não foram classificados porque a proposta se restringe aos resíduos oriundos das atividades de análises físico-químicas desenvolvidas no laboratório, para atendimento aos padrões estabelecidos pelas normas. Para a análise de significância dos aspectos e impactos ambientais do laboratório químico, levou-se em consideração o filtro de significância por meio da frequência de ocorrência e magnitude, assim como a existência de registros legais. Então, obteve-se o Quadro 3, que demonstra a matriz de análise de significância dos aspectos e impactos ambientais deste laboratório.

**Quadro 3: Matriz de análise de significância dos aspectos e impactos do laboratório.**

ANÁLISES: Dureza, Alcalinidade, Cloretos, Salinidade, Res. Inib. Corrosão, Ferro Total e Ferro Solúvel, MEG exausto e MEG regenerado						
Atividades	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Registros Legais	Avaliação da frequência	Avaliação da magnitude	Aspectos Significativos
Preparação de equipamentos, materiais e vidrarias	Perigo de queda de carga suspensa, equipamento e ferramenta	Lesões físicas		B	B	N
Realização da análise	Exposição a vapores	Queimaduras, Asfixia		A	M	S
	Quebra de vidrarias	Lesões físicas		B	B	N
	Perigo de queda de carga suspensa, equipamento e ferramenta	Lesões físicas		B	B	N
	Contato com substâncias químicas e superfície aquecida/resfriada	Queimaduras, lesões físicas		A	M	S
	Geração de resíduos sólidos	Possibilidade de contaminação do solo	x	-	-	S
	Lançamento de resíduos líquidos	Poluição hídrica	x	-	-	S
Cálculos e avaliação dos resultados obtidos	Esforço repetitivo	Lesões físicas		A	B	N

**Legenda:** B – Baixa; M – Média; A – Alta; N – Não Significativo; S – Significativo





Os aspectos significativos estão todos contidos na atividade de realização da análise, em virtude de ser a etapa de maior contato do funcionário com as substâncias químicas e exposição a vapores, além da geração dos resíduos e lançamento de efluentes líquidos que são potencialmente poluidores do meio ambiente. Assim, os resíduos sólidos e líquidos gerados devem ser dispostos adequadamente a fim de minimizar os impactos ambientais. Observou-se no quadro 3 que os aspectos equivalentes à geração de resíduos sólidos e lançamentos dos resíduos líquidos das amostras de LGN e de Meg possuem registros legais, portanto, não será utilizada a metodologia do filtro de significância pelo cruzamento entre frequência e magnitude, visto que o aspecto ambiental é classificado como significativo em decorrência desses registros.

### Terceira Etapa

#### Avaliação Qualitativa para amostras de LGN

A partir da frequência de ocorrência das classes I e IIA, obteve-se a maior frequência de resíduos líquidos do tipo orgânico, logo, requer uma atenção especial para a sua destinação final, dado que possuem severidade considerável, conforme a descrição nas FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) de alguns produtos: o clorofórmio e o cloridrato de hidroxilamina constituem substâncias nocivas por ingestão ou inalação e irritantes para a pele; Karl Fischer é tóxico; ortofenantrolina é combustível; ácido acético possui propriedades corrosivas e inflamáveis. Os resíduos inorgânicos aparecem com uma frequência considerável de 24,14%, porém é mais impactante em termos percentuais e de severidade que os resíduos aquosos que aparecem numa frequência menor (20,69%). Segundo a severidade descrita nas FISPQ de alguns produtos inorgânicos temos: álcool metílico é asfixiante; ácido clorídrico é corrosivo. A frequência de ocorrência das classes I e IIA, identificadas anteriormente, permitiu identificar que a maior frequência dos resíduos sólidos é Classe II A, ou seja, não são constituídos por resíduos perigosos, porém, precisam ser dispostos adequadamente em aterros sanitários para evitar a poluição ambiental. Apenas 20% é constituído por resíduos Classe I, que devem ter destinação final no aterro industrial.

Todos os resíduos líquidos têm seu destino final na caixa receptora, então, a composição química dessa mistura de resíduos não é conhecida, por isso, há indícios de que haja incompatibilidade entre os reagentes das análises. Assim, são necessárias análises mais aprofundadas que possam demonstrar se existe a incompatibilidade entre os reagentes que compõem essa caixa. A partir das FISPQ da Cetesb (2008) e de F. Maia (2008), foi elaborado o quadro 4 que retrata a incompatibilidade de alguns reagentes utilizados nas análises do laboratório. Esse quadro é uma ferramenta a ser aplicada no processo de gestão do laboratório, pois ao ser confirmada a incompatibilidade entre os produtos, devem-se segregar os resíduos, realizar o reaproveitamento, seguindo-se finalmente para o tratamento e disposição final.

**Quadro 4: Reagentes e incompatibilidades.**

REAGENTES	INCOMPATIBILIDADE
Ácido Acético	Oxidantes fortes, ácido nítrico, peróxido de sódio e bases fortes
Acetato de amônio	Ácidos fortes e soluções fortes de hidróxidos alcalinos
Ácido clorídrico	Com os metais mais comuns, aminas, óxidos metálicos, anidrido acético, acetato de vinil, sulfato de mercúrio, fosfato de cálcio, formaldeído, carbonatos, bases fortes, ácido sulfúrico, ácido clorossulfônico
Álcool metílico	Oxidante (entre outros ácido perclórico, percloratos, sais de oxo-ácidos, halídricos, cromatos, óxidos de halogênio, ácido nítrico, óxido nítrico, óxidos não metálicos, ácido cromossulfúrico, cloratos), hidretos, dietilo de zinco, halogênios, magnésio em forma de pó, peróxido de hidrogênio
Azul de bromotimol	Oxidantes fortes
Cloridrato de hidroxilamina	Alumínio, zinco, cobre e estanho
Clorofórmio	Bases fortes, metais quimicamente ativos, como alumínio, pó de magnésio, sódio e potássio
EDTA bisódico	Oxidantes fortes, alumínio, níquel, zinco, cobre, ligas de cobre
Karl Fischer	Metais, ácidos, cloretos de ácidos, anidridos de ácidos
Negro de Eriocromo	Não existem indicações
Nitrato de prata	Ácido sulfúrico (gera dióxido de nitrogênio)
Ortofenantrolina	Oxidantes fortes

Fonte: Adaptado de FISPQ (Cetesb, 2008) e (F. Maia, 2008).



### Avaliação Quantitativa para amostras de LGN

Os resíduos líquidos da amostra de LGN representam a maioria dentre os resíduos gerados, pois todas as amostras coletadas são líquidas assim como a maioria dos reagentes utilizados nas análises. Após a separação do LGN e de sua parte aquosa no funil de separação, são feitas análises dos seguintes parâmetros para a água: pH, SS, ST e SD, ferro total e ferro solúvel, alcalinidade, dureza, salinidade, cloretos, residual de inibidor de corrosão. Para o LGN, é feita somente a análise de residual de inibidor de corrosão, em virtude do mesmo ser muito volátil. As amostras de cada análise já estão contempladas no volume da amostra coletada de LGN, portanto, a quantificação da amostra coletada inclui as amostras das demais análises. Observou-se que as quantidades de amostras e de reagentes utilizados apresentavam pouca variação, conforme os cálculos do desvio padrão. Para tanto, foram utilizados dados de 3 análises no período de 3 meses. Conforme a tabela 1, obteve-se um total de 9,72 L/mês de resíduos líquidos, quanto aos resíduos sólidos foram gerados 4,10 g/mês. A amostra coletada corresponde ao maior volume dentre os resíduos líquidos, por isso, será um ponto importante a ser contemplado na proposta de gerenciamento dos resíduos. Além disso, a amostra é uma substância orgânica e contém substâncias perigosas representadas pelo benzeno, tolueno e xileno, por isso requer cuidados especiais em sua coleta e manuseio no laboratório.

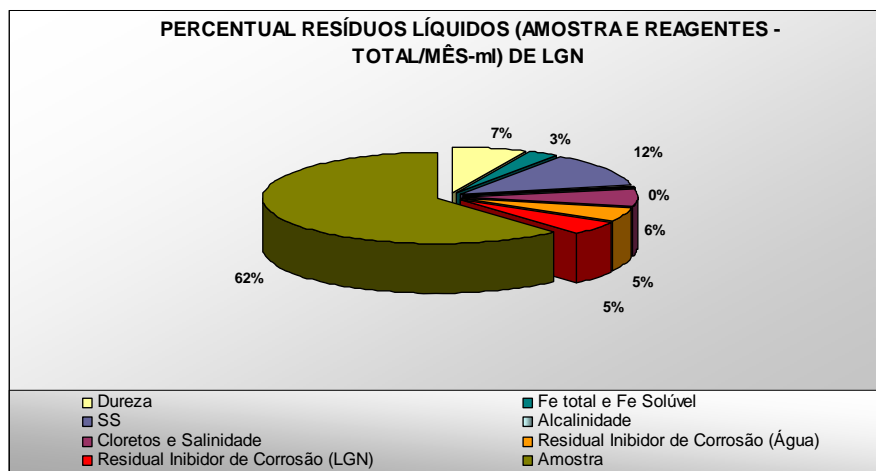
**Tabela 1: Total de resíduos gerados na amostra de LGN**

		Unidade	MÉDIA / ANÁLISE	TOTAL MÊS	DESVIO PADRÃO
<b>AMOSTRA COLETADA</b>	<b>VOLUMES</b>	ml	1.000	<b>6.000</b>	0,00
	<b>MASSAS</b>	g	0,30	<b>1,8</b>	0,02
<b>Dureza</b>	<b>Tampão amoniacal</b>	ml	10	<b>60</b>	0,00
	<b>EDTA 0,1N</b>	ml	1,97	<b>11,80</b>	0,38
	<b>NET</b>	g	0,2	<b>1,20</b>	0,00
	<b>Água Destilada</b>	ml	100	<b>600</b>	0,00
	<b>Total (exceto NET)</b>	ml	<b>111,97</b>	<b>671,8</b>	
<b>Alcalinidade</b>	<b>HCl 0,1N</b>	ml	4,1	<b>24,4</b>	0,51
	<b>Total</b>	ml	<b>4,1</b>	<b>24,4</b>	
<b>Ferro total e ferro solúvel</b>	<b>HCl conc.</b>	ml	2	<b>12</b>	0,00
	<b>Clor. Hidroxilamina</b>	ml	1	<b>6</b>	0,00
	<b>Tampão Acet. amoniacal</b>	ml	10	<b>60</b>	0,00
	<b>Ortofenantrolina</b>	ml	2	<b>12</b>	0,00
	<b>Água Destilada</b>	ml	30	<b>180</b>	0,00
	<b>Membrana de filtro</b>	g	0,0914	<b>0,548</b>	0,00
	<b>Total (exceto Membrana)</b>	ml	<b>45</b>	<b>270</b>	
<b>Sólidos Suspensos</b>	<b>Membrana de filtro</b>	g	0,0914	<b>0,548</b>	0,00
	<b>Água Destilada</b>	ml	200	<b>1.200</b>	0,00
	<b>Total (exceto Membrana)</b>	ml	<b>200</b>	<b>1.200</b>	
<b>Cloretos e Salinidade</b>	<b>AgNO<sub>3</sub></b>	ml	0,9	<b>5,4</b>	0,40
	<b>K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub></b>	ml	0,2	<b>1,2</b>	0,00
	<b>Água Destilada</b>	ml	100	<b>600</b>	0,00
	<b>Total</b>	ml	<b>101,1</b>	<b>606,6</b>	
<b>Residual Inibidor de Corrosão (Água)</b>	<b>Ácido Acético</b>	ml	5	<b>30</b>	0,00
	<b>Azul de Bromotimol</b>	ml	5	<b>30</b>	0,00
	<b>Água Destilada</b>	ml	48	<b>288</b>	0,00
	<b>Clorofórmio</b>	ml	20	<b>120</b>	0,00
	<b>Total</b>	ml	<b>78</b>	<b>468</b>	
<b>Residual Inibidor de Corrosão (LGN)</b>	<b>Ácido Acético</b>	ml	5	<b>30</b>	0,00
	<b>Azul de Bromotimol</b>	ml	5	<b>30</b>	0,00
	<b>Água Destilada</b>	ml	48	<b>288</b>	0,00
	<b>Clorofórmio</b>	ml	20	<b>120</b>	0,00
	<b>Isopar-m</b>	ml	2	<b>12</b>	0,00
	<b>Total</b>	ml	<b>80</b>	<b>480</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>Resíduo Líquido</b>	ml	<b>1.620,13</b>	<b>9.720,80</b>	
	<b>Resíduo Sólido</b>	g	<b>0,6828</b>	<b>4,0968</b>	





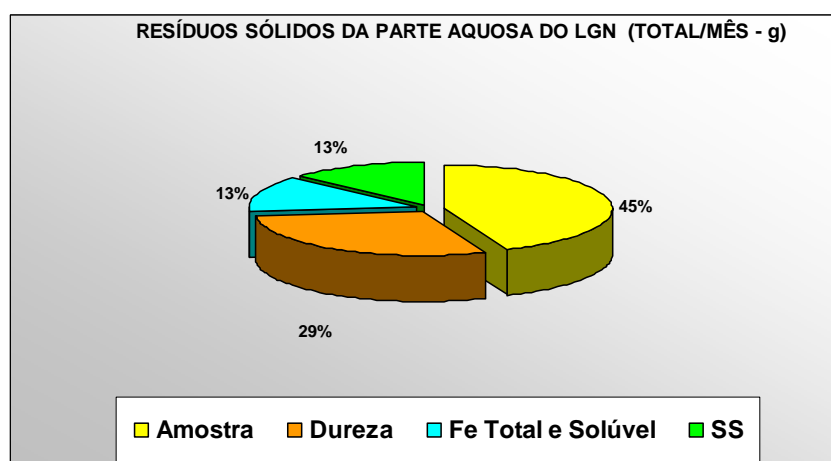
A figura 7 abaixo mostra os resíduos líquidos mensais gerados na análise do teor de água contida no LGN. Estes resíduos foram obtidos pela frequência de ocorrência da amostra e reagentes.



**Figura 7: Classificação dos resíduos líquidos do LGN**

A maior quantidade de resíduos líquidos encontrada é a amostra de LGN com água, em comparação com todas as análises realizadas no laboratório. Por isso, a sua redução é um fator importante no gerenciamento dos resíduos, porque minimizará a quantidade de resíduos gerados. Os resíduos gerados em cada análise contempla apenas os reagentes, porque as amostras utilizadas para as análises já estão inseridas na amostra de LGN coletada.

A figura 8 representa a quantidade mensal de resíduos sólidos na análise de LGN (contém 1% água). Os resíduos sólidos das análises de dureza, ferro e sólidos suspensos são provenientes da porção de água do LGN e os resíduos da amostra estão contidos no LGN contendo 1% de água.



**Figura 8: Resíduos sólidos do LGN**

A amostra coletada de LGN com água representa o maior percentual de resíduos sólidos em relação às análises. A análise de dureza é aquela que gera maior quantidade de resíduos sólidos dentre todas as análises devido à utilização do indicador NET (negro de eriocromo T). As análises de ferro total e solúvel e a de sólidos suspensos têm a mesma quantidade de resíduos, pois se referem ao peso das membranas de filtro utilizadas, pois os resíduos sólidos já estão inseridos na amostra que foi coletada.

Os indicadores anuais para amostra de LGN foram obtidos a partir da quantidade total de resíduos gerados por mês, conforme a Tabela 2:



Tabela 2: Indicadores anuais da amostra de LGN(Total/Ano)

Análises e amostra (Total/Ano)	Unidade	Amostra Coletada	Dureza	Alcalinidade	Ferro total e ferro solúvel	Sólidos Suspensos	Clorretos e Salinidade	Residual Inibidor de Corrosão (Água)	Residual Inibidor de Corrosão (LGN)	Total geral
Resíduos líquidos	ml	72.000	8.061,60	292,8	3.240	14.400	7.279,2	5.616	5.760	116.649,60
Resíduos sólidos	g	21,6	14,40	0	6,581	6,581	0	0	0	49,1616

Os indicadores anuais demonstram que podem ser gerados 116 L/ano de resíduos líquidos da amostra de LGN, representando um volume considerável de resíduos a serem descartados no meio ambiente. Por isso, é importante estabelecer medidas que possam reduzir a quantidade de resíduos gerados com o fim de minimizar os impactos ambientais. Ainda, verificou-se que além da quantidade de resíduos ser significativa, os compostos também apresentam certo grau de severidade em função de suas características tóxicas, inflamáveis, combustíveis, corrosivas, dentre outras, conforme dito anteriormente. Os resíduos sólidos da amostra de LGN representam um percentual pequeno (49 g/ano) a ser descartado, contudo, precisa ser disposto adequadamente em aterros sanitários para não causar danos ao meio ambiente.

### Avaliação Quantitativa para amostras de Meg

Os pontos de coleta para o Meg encontram-se na Unidade Regeneradora. As quantidades de amostras e de reagentes utilizados nas análises apresentaram pouca variação, conforme se pode observar no desvio padrão calculado. Por isso, foram utilizados dados de apenas 3 análises no período de 3 meses, conforme representado na Tabela 3.

Tabela 3: Total de resíduos gerados na amostra de Meg

		Unidade	MÉDIA / ANÁLISE	TOTAL MÊS	DESVIO PADRÃO
AMOSTRA COLETADA	VOLUMES (Reg e Exausto)	ml	500,00	90.000,00	0,00
	MASSAS	g	-	-	-
MEG REGENERADO	Karl Fischer	ml	5,65	1.017,00	0,00
	Álcool Metílico	ml	4,17	750,00	0,01
	Amostra 1	ml	0,05	8,16	0,01
	Total	ml	9,86	1775,16	
MEG EXAUSTO	Karl Fischer	ml	5,65	1.017,00	0,00
	Álcool Metílico	ml	4,17	750,00	0,01
	Amostra 2	ml	0,09	15,94	0,01
	Total	ml	9,91	1782,94	
TOTAL		Líquido (Sem amostra 1 e 2)	ml	519,63	93.534,00 *

O total de líquidos obtidos foi de 93,53 L/mês, no entanto, esse valor exclui as amostras 1 e 2 de Meg porque ambas estão contidas na amostra coletada. Cabe ressaltar que do total de líquidos obtidos, apenas 3,8% (3,55 l/mês) transforma-se em resíduo, equivalente aos reagentes e às amostras 1 e 2. Assim, o percentual restante de 96,2% (89,97 l/mês) de Meg será reaproveitado no processo, constituindo uma etapa fundamental no gerenciamento de resíduos que é a reutilização do produto no sistema. Cabe ressaltar que apesar de ser gerado apenas 3,8% de resíduos, os compostos químicos tem propriedades tóxicas, asfixiantes e irritantes da pele, por isso precisam ter manuseio e destinação final adequados.

Os indicadores anuais das amostras de Meg foram obtidos a partir da quantidade total de resíduos gerados por mês, conforme Tabela 4.

**Tabela 4: Indicadores anuais da amostra de Meg (Total/Ano)**

Análises e Amostra (Total/Ano)	Unidade	Amostra Coletada	Meg Regenerado	Meg Exausto	Total Geral
Resíduos Líquidos	ml	1.080.000	21.301,92	21.395,29	1.122.408,0

Em relação à amostra de Meg, será gerado um pequeno volume de resíduos (1,1 L/ano), visto que a maior parte do Meg é reaproveitado no processo. Contudo, apesar da pequena quantidade de resíduos, verificou-se que eles apresentam características perigosas, assim podem conferir gravidade acentuada quanto aos impactos ambientais, logo, requerem manejo adequado. Ainda, a disposição desses resíduos líquidos conforme a matriz de significância constituem aspectos significativos.

#### Avaliação Qualitativa para amostras de Meg

O Quadro 5 corresponde à classificação dos resíduos líquidos contidos na amostra de Meg, a partir da identificação dos resíduos (amostras e reagentes), assim como a periculosidade dos mesmos.

**Quadro 5: Classificação dos Resíduos Líquidos das amostras de Meg**

<b>Quadro 5: Classificação dos Resíduos Líquidos das amostras de Meg  Local de Coleta das Amostras</b>	<b>Fonte Geradora (Análises)</b>	<b>Identificação dos Resíduos (Reagentes e Amostras)</b>	<b>Substância Potencialmente Perigosa</b>	<b>Classificação</b>
Unidade Regeneradora de Meg	Teor de Água no Meg Exausto	Karl Fischer, Álcool Metílico, Amostra de Meg com água	Não há	Inorgânico- orgânico
	Teor de Água no Meg Regenerado	Karl Fischer, Álcool Metílico, Amostra de Meg sem água	Não há	Inorgânico- orgânico

Assim, obteve-se a mesma classificação para os resíduos das análises do teor de água do Meg Exausto e Regenerado (Água destilada, inorgânico e orgânico), em função de suas características químicas.

#### Quarta Etapa

Nesta etapa, com os resultados obtidos na avaliação dos resíduos foi estabelecido um programa de gerenciamento que deve seguir uma escala de prioridades, visando inicialmente a prevenção por meio de mudanças nas tecnologias utilizadas, em seguida a minimização a partir do trabalho conjunto com a equipe, e a maximização do reaproveitamento. O tratamento por meio das metodologias descritas no anexo 1, deve ser empregado somente após terem sido esgotadas as possibilidades alternativas de prevenção, redução e reúso, e após o tratamento (se houver) o resíduo deve ter disposição final adequada.

**Prevenção:** Todo programa de gerenciamento de resíduos deve partir do princípio da prevenção, logo, deve-se evitar a sua geração. As tecnologias limpas realizam um estudo prévio das características dos resíduos antes da sua geração, estabelecendo previamente medidas de controle para prevenir a geração dos mesmos. Portanto, no laboratório da UTGC urge a necessidade de pesquisas que estabeleçam mudanças nas tecnologias empregadas e se há possibilidade de substituir reagentes. Também é importante conscientizar os funcionários para prevenir erros nas análises, reduzir os custos com matérias-primas, aditivos e insumos, que possam evitar a geração de resíduos e reduzir perdas no processo.

**Minimização:** Abrange uma série de técnicas a serem utilizadas de modo a reduzir um determinado resíduo na própria fonte geradora. Dentre as principais técnicas para minimização, podemos propor a utilização de



reagentes em outras análises laboratoriais, a modificação de procedimentos e práticas operacionais. Portanto, no laboratório da UTGC sugere-se investir em procedimentos que reduzam a quantidade e/ou frequência de utilização dos resíduos perigosos, desenvolver pesquisas que demonstrem a viabilidade de investimentos em tecnologias limpas que possibilitem minimizar a geração de resíduos, realizar mudanças nos procedimentos, utilizar materiais de maior durabilidade e recicláveis.

Dado o exposto, propõe-se uma redução do volume de 1000ml de LGN coletado para 600 mL, visto que se gasta cerca de 300 mL para realizar as análises. Esporadicamente, pode ser necessário realizar análises em duplicata, então, o volume de 600ml será suficiente. Assim, evita-se gerar 2.400 mL/mês de resíduos líquidos e 28,80 L/ano, que é um valor considerável em termos de custos ambientais.

**Reaproveitamento:** Pode ser feito por meio da reciclagem, recuperação ou reutilização. No laboratório, podemos destacar a utilização da coleta seletiva que permite reciclar os resíduos da área administrativa como papel, copo de plástico que serão coletados separadamente e encaminhados à reindustrialização. A educação ambiental dos funcionários do laboratório é fundamental para maximizar a coleta seletiva existente e continuar o processo ambientalmente adequado de reaproveitamento destes resíduos.

A recuperação do resíduo também é uma prática de reaproveitamento do laboratório, realizada a partir da amostra de Meg regenerado e exausto (cerca de 89,97 L/mês) que é devolvida ao sistema no vaso de armazenamento, para posteriormente ser reposto na unidade regeneradora. O Meg transferido do vaso de armazenamento para a unidade regeneradora, contém um pouco de água advinda das amostras de Meg, porém uma certa quantidade será vaporizada devido ao aquecimento na regeneradora. A reutilização consiste em materiais e produtos que são reutilizados praticamente sem transformação. No laboratório, podemos destacar as vidrarias e os equipamentos utilizados para realizar as análises.

**Tratamento:** Os resíduos gerados no laboratório da UTGC tem em sua composição química, ácidos, bases, sais, metais tóxicos, hidrocarbonetos halogenados, agentes oxidantes, que definem o tipo de tratamento adequado a ser empregado para cada resíduo obtido nas análises. Porém, todos resíduos são descartados juntamente na caixa receptora, conforme dito anteriormente, e não se sabe a composição química dessa mistura, por isso é necessário desenvolver pesquisas mais apuradas para verificar a viabilidade de cada tipo de tratamento e recuperação dos resíduos do laboratório.

O quadro 6 mostra a proposta de tratamento para os resíduos gerados.

**Quadro 6: Proposta de tratamento para os resíduos**

Composição Química	Ponto de Geração (Análises)	Tratamento
Ácidos e Bases	Dureza, Alcalinidade, Ferro Total e Solúvel, Residual Inibidor de Corrosão	Neutralização Ácido-Base
Sais de Prata	Cloretos e Salinidade	Precipitação química com ácido nítrico e Reação de oxi-redução
Sais de Cromo	Cloretos e Salinidade	Precipitação com tiosulfato de sódio
Clorofórmio	Residual Inibidor de Corrosão	Destilação
Álcool metílico e Karl Fischer	Meg Exausto e Meg Regenerado	Incineração ou co-processamento

**Destinação final:** A quantidade de resíduos líquidos provenientes de uma mistura de substâncias de composição desconhecida no laboratório da UTGC dificulta propor um descarte para as diferentes substâncias, visto que não se conhecem os componentes dessa mistura. Geralmente essa mistura é descartada nas pias, pela falta de conhecimento sobre a possibilidade de reutilização ou até mesmo um descarte diferenciado para as análises, levando-se em consideração os resíduos gerados.

Assim, sugere-se a realização de uma análise do resíduo líquido encontrado na caixa receptora, visando verificar o grau de toxicidade dessa mistura em função da presença de alguns metais pesados dos reagentes utilizados nas análises, e da incompatibilidade entre as substâncias químicas.

Os resíduos do laboratório oriundos das análises laboratoriais (efluentes industriais e resíduos sólidos), com exceção daqueles destinados à coleta seletiva, são descartados na pia e seguem para uma caixa receptora. Esta



caixa funciona como uma unidade de armazenamento temporário até o material ser encaminhado para disposição final em outra estação de tratamento. Sugere-se que o resíduo da caixa receptora seja recolhido e tratado por uma empresa especializada em resíduos químicos.

Os resíduos contaminados (membrana de filtro, luvas, papel toalha, dentre outros) são recolhidos em coletores específicos para resíduos perigosos e destinados em aterro industrial. Os resíduos gerados na análise de inibidor de corrosão (clorofórmio, amostra, ácido acético, azul de bromotimol, água destilada e isopar-m), não são descartados na pia porque são armazenados temporariamente e encaminhados para o outro laboratório.

As 3 fases posteriores à etapa de planejamento devem ser implementadas pela empresa junto aos funcionários, que correspondem à execução, verificação e ação corretiva. A etapa de execução consiste no preparo dos executores para realizar o planejado, ou seja, é a implantação da fase de planejamento estabelecida nesta pesquisa, levando-se em consideração a conscientização dos funcionários do laboratório que irão executar as recomendações propostas na fase de planejamento. Vale destacar a importância da educação ambiental nesse processo, porque contribui para despertar o interesse dos funcionários na implementação do gerenciamento ambiental.

A verificação é a avaliação dos resultados obtidos com base no que será executado, sendo de responsabilidade dos funcionários analisarem os resultados da aplicação desta proposta de gerenciamento. Já a ação corretiva constitui a atuação corretiva imediata nos resultados obtidos, que podemos exemplificar como mudanças na proposta de gerenciamento apresentada após sua implementação, como por exemplo, implementar mudanças nos tipos de tratamento de resíduos apresentados por essa pesquisa.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada uma proposta de gerenciamento ambiental dos resíduos gerados no laboratório químico de uma unidade de tratamento de gás natural, a partir da utilização do ciclo PDCA. Cabe ressaltar que esta pesquisa estabeleceu uma proposta de gerenciamento de resíduos que corresponde à fase de planejamento do ciclo, visto que as demais fases devem ser implementadas a partir desta proposta para que o ciclo seja repetido a fim de obter melhorias contínuas.

Verificou-se que a quantidade de resíduos líquidos da amostra de LGN é significativa em termos percentuais (116 L/ano), e que os compostos químicos apresentam certo grau de severidade em função de suas características toxicológicas. A amostra de Meg gera um pequeno volume de resíduos (1,1 L/ano), em virtude de ser reaproveitado no processo, porém, apesar dessa pequena quantidade de resíduos, os compostos químicos tem propriedades tóxicas e precisam ser dispostos adequadamente. O maior percentual dos resíduos sólidos e líquidos corresponde à amostra de LGN coletada, então, sugere-se a redução do volume de LGN coletado de 1000mL para 600 mL. A matriz de significância demonstrou que todos os aspectos significativos estão contidos na atividade de realização da análise.

Recomenda-se realizar uma análise do resíduo líquido encontrado na caixa receptora, visando verificar o grau de toxicidade dessa mistura, pois muitos compostos químicos apresentam um certo grau de severidade. Sugere-se também elaborar um padrão de resíduos especificamente para o laboratório, visando demonstrar todo o percurso do gerenciamento dos resíduos. Para implementar o padrão, podem ser elaborados modelos didáticos sobre todo o plano de gerenciamento a fim de instrumentar os funcionários em seu cotidiano laboratorial. Por fim, recomenda-se realizar o levantamento econômico referente aos tratamentos propostos, para verificar a viabilidade de sua implementação como uma das etapas do gerenciamento ambiental proposto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFFONSO, Fernando Luiz. **Metodologia para implantação de sistema de gestão ambiental em serviços de engenharia para empreendimentos petrolíferos**: um estudo de caso. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia da UFRJ. universidade federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2001. 243p.
2. AMARAL, Sérgio Pinto. **Estabelecimento de indicadores e modelo de relatório de sustentabilidade ambiental, social e econômica**: uma proposta para a indústria de petróleo brasileira. Tese (Doutorado)-



- Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2003. 265p. Disponível em: <[www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/spamaral.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/spamaral.pdf)> . Acesso: 07/10/07.
3. ANDRES, Luiz Fernando. **A gestão ambiental em indústrias do Vale do Taquari**: vantagens com o uso das técnicas de produção mais limpa. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. 243p.
  4. AVIGNON, Alexandre'd... [et al.], LA ROVERE, Emílio Lèbre. **Manual de Auditoria Ambiental**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.
  5. CHRISTIE, Ian; ROLFE, Heather; LEGARD, Robin. **Cleaner Production in Industry**: Integrating Business goals and environmental management. PSI – Policy Studies Institute, London, 1995.
  6. DEMING, W. E. **Qualidade**: a revolução da administração. Tradução de Clave Comunicação de Recursos Humanos. Rio de Janeiro: Marques Saraiva. 1990. 367p.
  7. FISPQ's - **Fichas de Informação de Segurança dos Produtos Químicos**. Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo) – Disponível em:<[http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos/ficha\\_completa1.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos/ficha_completa1.asp)>. F. Maia – Disponível em:<[http://www.fmaia.com.br/fichas\\_de\\_seguranca/fichas\\_de\\_seguranca1.htm](http://www.fmaia.com.br/fichas_de_seguranca/fichas_de_seguranca1.htm)>. Acesso em: 04/05/08.
  8. LEMOS, Ângela Denise da Cunha. **A produção mais limpa como geradora de inovação e competitividade**: o caso da fazenda cerro do tigre. 1998. 180f. Dissertação (Mestrado em Administração com ênfase em Planejamento e Gestão de Ciência e Tecnologia – PGCT) - Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
  9. MONTEIRO, Aline Guimarães. **Metodologia de avaliação de custos ambientais provocados por vazamento de óleo. O estudo de caso do complexo REDUC-DTSE**. 2003. 271f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético e Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
  10. PETROBRAS. **Tecnologia. Áreas de atuação**. Disponível em:<[http://www2.petrobras.com.br/portal/frame.asp?pagina=/tecnologia/port/areadeatuacao\\_meioambiente.asp&lang=pt&area=meioambiente](http://www2.petrobras.com.br/portal/frame.asp?pagina=/tecnologia/port/areadeatuacao_meioambiente.asp&lang=pt&area=meioambiente)>. Acesso em 19/03/08.
  11. UNIVERSIDADE DE CAMPINAS (UNICAMP). **Gerenciamento de Resíduos. Operacionalização do Sistema de Gerenciamento de Resíduos da Unicamp**. Campinas, 2008. Disponível em:<<http://www.cgu.unicamp.br/residuos/sobre/opersist.htm>>. Acesso em: 04/03/2008.