



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS
DE SERGIPE - FANESÉ
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

THIAGO RAMOS RIBEIRO

**PDCA: ANÁLISE E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS EM
INDÚSTRIA DE PETRÓLEO DO ESTADO DE SERGIPE**

**Aracaju - Sergipe
2013.2**

THIAGO RAMOS RIBEIRO

**PDCA: ANÁLISE E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS EM
INDÚSTRIA DE PETRÓLEO DO ESTADO DE SERGIPE**

**Monografia apresentada à coordenação
de estágio do curso de Engenharia de
Produção da FANESE como requisito
parcial para a obtenção de bacharel em
Engenharia de Produção.**

**Orientador: Prof. MSc André Maciel
Passos Gabillaud.**

**Coordenador do Curso: Prof. MSc
Alcides Anastácio de Araújo Filho**

**Aracaju - Sergipe
2013.2**

THIAGO RAMOS RIBEIRO

**PDCA: ANÁLISE E SOLUÇÕES DE PROBLEMAS EM
INDÚSTRIA DE PETRÓLEO DO ESTADO DE SERGIPE**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2013.2.

**Prof. M.Sc. André Maciel Passos Gabillaud
1º Examinador (Orientador)**

**Prof. M.Sc. Mário Celso Neves de Andrade
2º Examinador**

**Prof. Esp. Kleber Andrade Souza
3º Examinador**

Aprovado com média: _____

Aracaju (SE), 23 de Dezembro de 2013.

Dedico este trabalho ao meu pai, Carlos, e à minha mãe, Anália, pelo amor e dedicação na formação de meu caráter, construção de meus valores e pelos inúmeros sacrifícios que fizeram para me dar uma educação e vida dignas.

À minha irmã, Thais, sempre pronta para ajudar no que fosse necessário e com seus ouvidos prontos para me ouvir.

À minha futura esposa, Kelly, pelo companheirismo, pela paciência, cumplicidade, parceria e dedicação depositada em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me abençoado e me rodeado de familiares e amigos tão importantes na minha caminhada, por ter dado discernimento e calma nas horas difíceis. Sem a Sua mão sobre a minha cabeça, nada seria possível.

Ao meu Professor, orientador e amigo, Prof. André Maciel Passos Gabillaud, agradeço de forma especial, pois usou de todo o seu conhecimento, experiência e paciência no desenvolvimento desse trabalho. Fez uso de todos os meios possíveis para que nossa comunicação fosse possível. Sem o seu apoio, a caminhada teria sido muito mais tortuosa. Obrigado!

A cada professor que, direta ou indiretamente, participou da minha formação e a cada funcionário da FANESE que, ao prestar seu serviço, contribuiu para a formação de cada discente.

Aos colegas e amigos que fiz nessa jornada acadêmica pela convivência, a troca de experiências, consolos e tantas outras ações e emoções que vivemos nestes cinco anos.

Agradeço, de forma especial, ao meu orientador na empresa, Jorge Heleno, meu supervisor, Heitor Nicolau, ao amigo Eng^o Elias Paiva, a Eulália, ao Rudival, ao Ariberto, à Jessyca, ao Jairo e ao Laedson. Aos colegas do Pólo de Gás de Carmópolis e a cada colega da Petrobras que deu o seu apoio no que era possível, sempre agindo de forma rápida quando necessitei de informações e, principalmente, pelas palavras de incentivo.

À minha amiga Eng^a Elaine Gomes e meu amigo (e futuro engenheiro de produção) Max, por estarem sempre presentes comungando nossas vidas; dividindo alegrias, tristezas, dificuldades, apoiando um ao outro. Muito obrigado por tudo!

Aos Professores (as) Marlon, pela sua imensa capacidade e humildade, Marcos Aguiar e Helena, pelo apoio e torcida, Elizabeth e Mário Celso, pelo exemplo, Kleber e Josevaldo, pela disponibilidade constante.

Por fim, agradeço à mãe que ganhei na graduação de Engenharia de Produção: Helenice Leita Garcia. Ela me ensinou a essência de ser engenheiro e mostrou que jamais saberemos tudo, contudo, dia a dia, temos a obrigação de buscar a excelência.

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano.”

Isaac Newton

RESUMO

Para que um sistema produtivo trabalhe de forma eficiente, é deveras necessário que sejam eliminadas quaisquer perdas pertinentes a ele. Isto se faz solucionando problemas e melhorando-o continuamente. O objetivo deste trabalho é demonstrar a eficiência do PDCA em um processo de melhoria executado numa unidade de produção de gás de uma indústria de petróleo do Estado de Sergipe. Processos contínuos são enxutos por natureza e devem-se buscar sempre melhorias para elevar sua eficiência. Neste caso, um problema foi identificado e, através do PDCA, uma melhoria implementada. A partir daí, decidiu-se realizar um estudo de caso para demonstrar a aplicabilidade do ciclo PDCA. Visando a execução do trabalho foi feito um levantamento de dados, tanto em campo como em laboratório, de informações operacionais e análises do gás tratado por essa unidade, antes e depois da execução da melhoria que comprovou a eficiência do método quando executado corretamente. Além desta afirmação do método, pôde-se também perceber e sugerir outras melhorias que beneficiariam a redução de custos, confiabilidade no processo e segurança do meio ambiente.

Palavras-chave: Gás. PDCA. Processo Contínuo. Estudo de Caso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de Produção.....	16
Figura 2: Diagrama de Causa e Efeito	26
Figura 3: Ciclo PDCA	30
Figura 4: Foto Ilustrativa do P-123402.....	39
Figura 5: Diagrama de Causa e Efeito	43
Figura 6: Foto Ilustrativa do P-123406 e P-123402	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico de Controle	27
Gráfico 2: Gráfico de Pareto.....	27
Gráfico 3: Gráfico de Dispersão.....	29
Gráfico 4: Δ Temperatura entre a Amina e o Gás a ser Tratado.....	40
Gráfico 5: Gráfico da Concentração de CO₂ x Tempo.....	41
Gráfico 6: Gráfico da Concentração de H₂S x Tempo.....	41
Gráfico 7: Δ Temperatura entre a Amina e o Gás a ser Tratado x Tempo	47
Gráfico 8: Gráfico da Concentração de CO₂ x Tempo.....	47
Gráfico 9: Gráfico da Concentração de H₂S x Tempo.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Quadro Demonstrativo do 5W1H	28
Quadro 2: Método de Solução de Problema - "QC STORY"	31
Quadro 3: 5W1H da Melhoria.....	44

SUMÁRIO

RESUMO	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE GRÁFICOS	
LISTA DE QUADROS.....	
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 Justificativa	14
1.3 Características da Empresa	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Sistema de Produção.....	16
2.2 Tipos de Sistema de Produção	17
2.2.1 Classificação por grau de padronização dos produtos	17
2.2.2 Classificação pela natureza do produto	17
2.2.3 Classificação por tipo de operações	18
2.2.3.1 processos discretos.....	18
a. processos repetitivos em massa.....	18
b. processos repetitivos em lotes.....	19
c. processos por projeto	19
2.2.3.2 processo contínuo	19
2.3 Perdas do Processo Produtivo	20
2.3.1 Perda por superprodução.....	21
2.3.2 Perda por transporte	21
2.3.3 Perda pelo processamento em si	21
2.3.4 Perda por produtos defeituosos	21

2.3.5 Perda por movimentação.....	22
2.3.6 Perda por espera	22
2.3.7 Perda por estoque	23
2.4 Qualidade	23
2.5 Ferramentas da Qualidade	25
2.6 PDCA	30
2.7 Corrosão	32
3 METODOLOGIA	34
3.1 Tipo de Pesquisa	34
3.2 Coleta de Dados	35
3.3 Análise dos Dados	35
4 ANÁLISE DE RESULTADOS	36
4.1 Mapeamento do Processo	36
4.2 Método PDCA	40
4.3 Outras Melhorias	49
5 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS.....	52
ANEXOS	54
ANEXO A: Fluxograma de ECCP	55
ANEXO B: Fluxograma da UD	56
ANEXO C: Resolução ANP N°16, de 17/06/2008 – DOU 18/06/2008	57

1 INTRODUÇÃO

Em 1973, diante da crise do petróleo, o Japão sofreu grande recessão, assim como muitos outros países no mundo. Nesse período, o processo produtivo mundial era regido pelo sistema de produção em massa; o conhecido 'Fordismo' de Henry Ford. Contudo, com o declínio do crescimento econômico mundial, a ideia de produzir grandes quantidades começou a não ser bem vista pelos japoneses e, a partir dessa inquietação, observou-se a necessidade de modificar a maneira de produzir.

Ao observar o problema que havia se estabelecido e ávido por soluções que eliminassem os desperdícios, Taiichi Ohno inverteu a maneira natural do processo produtivo. Ao observar a indústria automobilística, ele percebeu que se um carro precisa de certa quantidade de insumos, estes deverão ser solicitados na quantidade, qualidade e tempo certos. Desta forma, haveria um processo contínuo, enxuto e muito mais fluido para produzir somente o que fosse necessário, extinguindo os estoques.

Assim, para que o sistema funcione é necessário que haja bastante confiabilidade na qualidade e entrega dos insumos. Esta característica, segundo Ohno, não reside somente no fato de se produzir peças perfeitas; ela também permeia na eliminação de desperdício, pois este fato não agrega valor e aumenta os custos.

Em processos de tratamento de gás, o sistema é contínuo por sua natureza; logo, para melhorá-lo de forma contínua é necessária bastante atenção nas perdas que existem, visto que, este tipo de processo, dificilmente, permitirá alterações que outros tipos de processo permitem como, por exemplo, o de produção em lotes.

Uma das formas de identificação de perdas é a metodologia PDCA que, com o apoio das ferramentas de qualidade, consegue detectar, analisar e propor soluções. Dilatar o prazo de manutenção preventiva de equipamentos, por exemplo, é uma forma de redução de custo, porém engloba uma análise detalhada de fatores, como corrosão, que dependem de um trabalho cuidadoso da inspeção de equipamentos junto ao acompanhamento de análises feitas pelo laboratório, para garantir que não haverá risco devido à mudança deste prazo.

Imbuído desses conceitos e ciente de uma melhoria no tratamento do gás enviado para o cliente de uma unidade de tratamento de gás do Estado de Sergipe, foi desenvolvido um estudo de caso para comprovar a eficiência da metodologia PDCA.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a aplicabilidade da metodologia PDCA na redução de perdas de uma unidade de tratamento de gás.

1.1.2 Objetivos específicos

- Mapear o processo atual;
- Identificar falhas a partir da aplicação do PDCA;
- Apontar os ganhos das melhorias realizadas.

1.2 Justificativa

No mundo competitivo, onde se trava uma verdadeira guerra comercial todos os dias, é imperativo produzir ao menor custo possível; e uma das formas de reduzi-lo é eliminando por completo os desperdícios. Quando esta ideia ganha a mesa de discussões, é inevitável não mencionar a produção enxuta. Entretanto, em sistemas contínuos, o processo já é enxuto por natureza e, desta forma, faz-se necessário concentrar a atenção em detectar e resolver problemas que atrapalhem o processo e sempre analisá-lo de forma crítica, pensando em melhorá-lo continuamente.

Um das metodologias utilizadas para identificar, compreender e construir um planejamento a fim de evitar estas perdas é o método PDCA. O que estimula este trabalho é a ideia da necessidade de se produzir com o máximo de eficiência, eliminando custos excessivos e seguindo padrões determinados pela Agência Nacional do Petróleo. Desta forma, será comprovada a eficiência da metodologia PDCA e corroborada sua importância no cotidiano da indústria, no que tange ao desenvolvimento ideal do processo produtivo.

1.3 Características da Empresa

A Petrobras é uma sociedade anônima de capital aberto, cujo acionista majoritário é o governo do Brasil, e atua como uma empresa de energia nos setores de exploração e produção, refino, comercialização, transporte de óleo e gás natural, entre outras atividades no setor energético.

Foi criada em 1953, pelo presidente Getúlio Vargas, e desde então é uma empresa que busca a cada dia produzir o máximo com a qualidade máxima possível, atenta à saúde ambiental de forma ampla.

Há 50 anos “nasceu” o campo de exploração terrestre de Carmópolis – município do Estado de Sergipe, distante 42 km da capital, Aracaju. Neste campo, a produção de gás associado traz à superfície uma grande quantidade de Gás Sulfídrico (H_2S), razão pela qual há uma Unidade de Dessulfurização (UD), que opera com alta pressão, o que justifica a existência de uma Estação de Compressores (EC), que eleva a pressão para o tratamento do gás.

É dentro desta unidade de processamento de gás que ocorreu o estudo sobre a eficiência do PDCA na solução de problemas.

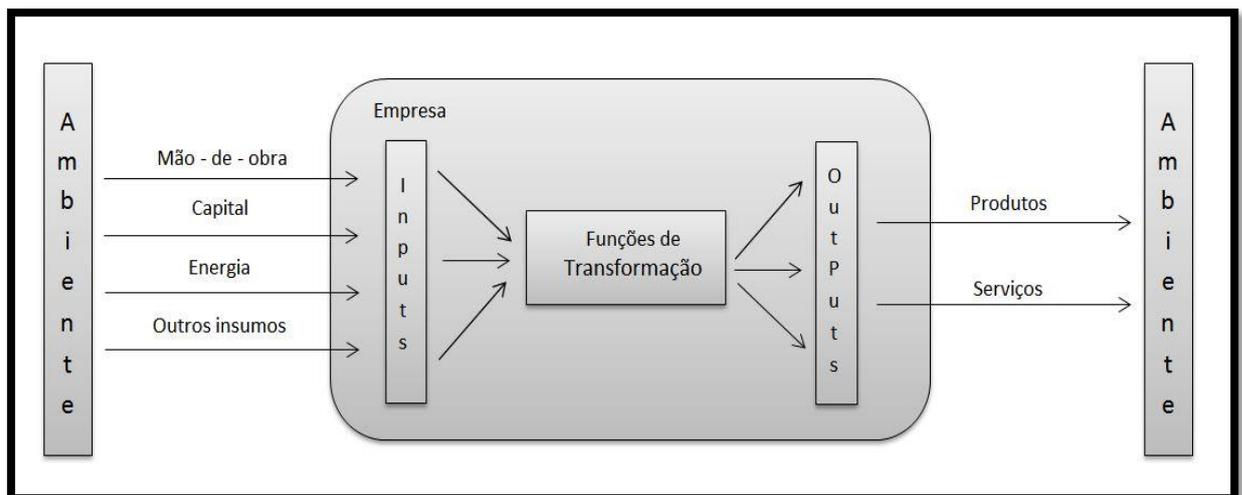
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção é dedicada à apresentação dos conceitos que serão utilizados neste trabalho, no que tange a conceitos relacionados ao Sistema de Produção, Sete Perdas, Qualidade, Ferramentas da Qualidade, Metodologia PDCA, Corrosão e Manutenção.

2.1 Sistema de Produção

Slack; Chambers; Jhonston (2009, p.8) definem o Sistema de Produção como o conjunto de atividades e operações relacionadas entre si e envolvidas na produção de bens e/ou serviços. Nele, podem-se distinguir os elementos fundamentais de qualquer processo produtivo: insumos/recursos, processo de transformação e produtos acabados/serviços.

Figura 1: Sistema de Produção



Fonte: MARTINS; LAUGENI, 2005, p 11; adaptado pelo autor.

Segundo Martins; Laugeni (2005, p.12), *inputs* são os insumos, ou seja, um aglomerado de recursos que se fazem necessários para o funcionamento do sistema – mão de obra, energia elétrica, água, matéria prima – e geração dos *outputs*, que

são os produtos acabados ou serviços prestados. Entre esses dois extremos há um processo de transformação, que engloba várias áreas de atuação, como a produção em si, as tomadas de decisão, simulações, planejamento, que somadas aos *inputs* findam nos *outputs* do sistema produtivo (produtos/serviços).

2.2 Tipos de Sistema de Produção

De acordo com Tubino (2000, p.27), existem inúmeras formas de se classificar os sistemas de produção. As mais conhecidas são: a classificação pelo grau de padronização dos produtos, pela natureza do produto e pelo tipo de operação que sofrem os produtos.

2.2.1 Classificação por grau de padronização dos produtos

Tubino (2000, p.27) diz que, por este ponto de vista, é possível identificar dois tipos de sistemas produtivos; os que geram produtos padronizados e os que geram produtos sob medida. O autor menciona que os padronizados são aqueles produtos ou serviços que têm uma alta uniformidade e são produzidos em alta escala. Os sistemas produtivos podem ser organizados de modo a padronizar insumos e métodos de trabalho e controle, o que pode resultar numa melhor eficiência e consequente redução de custo.

Já os produtos sob medida, afirma ainda o mesmo autor, são desenvolvidos para um público específico. Desta forma, o sistema produtivo aguarda a solicitação do cliente para, só então, iniciar o processamento; logo, não são gerados estoques e os lotes criados são muito pequenos, geralmente unitários. Como o prazo de entrega desses produtos é superior ao dos produtos padronizados (que têm disponibilidade de estoque), há uma capacidade ociosa grande e, na maioria das vezes, a padronização de recursos não é possível – fator que não torna viável a automatização -, o que torna o valor dos produtos sob medida bem maior.

2.2.2 Classificação pela natureza do produto

Slack; Chambers; Jhonston (2009, p.11) afirmam que um sistema produtivo pode ter como produto final tanto bens como serviços. A diferença entre eles reside

na tangibilidade. Quando se trata de algo tangível (que se pode tocar fisicamente), como um carro, fogão, óculos, denomina-se que o sistema de produção é uma manufatura de bens. Já quando são intangíveis (não se pode tocar), como assistir a um filme no cinema, ir a uma consulta médica, pegar um táxi, diz-se que este sistema produtivo é uma manufatura de serviços.

Tubino (2000, p.29-30) acrescenta que tanto um tipo de manufatura como a outra são bastante similares no que diz respeito ao conceito geral de sistemas de produção, ou seja, elas transformam os insumos em produtos úteis para seus clientes. Elas devem projetar produtos, planejar demandas, treinar mão de obra, vender os produtos, planejar e controlar operações, etc.

2.2.3 Classificação por tipo de operações

Assim como o anterior, afirma Tubino (2000, p.27-28), a classificação por tipo de operações subdivide o sistema produtivo em dois tipos: o processo discreto e o processo contínuo. O primeiro permite a identificação de produtos um a um e pode ser isolado em lotes ou unidades e ainda subdivide-se em processos repetitivos em massa, processos repetitivos em lotes e processos por projeto, englobando a produção de bens e serviços. Já o segundo, caracteriza-se por não poder identificar o produto um a um e ter um sistema mais fluido que o anterior.

2.2.3.1 processos discretos

a. processos repetitivos em massa

Moreira (2011, p.10) diz que a produção em massa, em linhas de montagem, é caracterizada pela baixa diferenciação dos produtos e pela produção em grande quantidade. Ela pode também ser chamada de produção em massa pura, quando há uma linha ou um conjunto de equipamentos específicos para o produto final, ou de produção em massa com diferenciação, quando os produtos com pequeno grau de diferenciação podem ser obtidos a partir de modificações simples no processo produtivo.

Segundo o mesmo autor, este tipo de produção emprega mão de obra com baixa qualificação e pouco polivalente; entretanto com a implementação de sistemas

com a filosofia *Just in Time* e de Controle de Qualidade Total, este cenário vem se transformando. Cada dia mais os funcionários agregam funções de gerenciamento do processo, como qualidade e programação da produção.

b. processos repetitivos em lotes

De acordo com Krajewski; Ritzman; Malhotra (2009, p. 109), este tipo de processo é caracterizado pela transformação de produtos/serviços em quantidades intermediárias, padronizadas em lotes e é considerado o mais utilizado, na prática, pelas indústrias, o que resulta em expressões amplamente conhecidas como lote pequeno e lote grande de produção.

Ainda sob a ótica dos mesmos autores, este tipo difere do processo por projeto e em massa pelo volume, variedade e quantidade. O volume de produção apresentado por ele é médio ou moderado; contudo, a variedade existente é bastante grande, a fim de garantir um processo separado para cada produto e, apesar de ter um processo flexível, apresenta caminhos mais dominantes que um sistema voltado para um só produto.

c. processos por projeto

Para Tubino (2000, p.29), os processos por projeto têm como característica a produção que busca atender uma necessidade específica dos clientes, com todas as atividades focadas nessa meta. O produto tem uma data predeterminada para sua entrega e, após sua conclusão, o sistema produtivo é preparado para um novo projeto. A ligação com os clientes nesse tipo de processo é bastante estreita, o que imprime um alto grau de especificação nos produtos; conseqüentemente, há uma necessidade grande de flexibilidade por conta da ociosidade gerada pela espera por demanda de produtos/serviços.

2.2.3.2 processo contínuo

Krajewski; Ritzman; Malhotra (2009, p. 109) afirmam que se pode citar como exemplos de processos de fluxo contínuo as refinarias de petróleo, indústrias químicas, as companhias de fabricação de aço, refrigerantes, alimentos etc.

Um processo de fluxo contínuo é ponto extremo da produção padronizada de grande volume, com fluxos de linha rígidos. A variação do processo é insignificante. Seu nome vem da maneira como os materiais se movem pelo processo, que parece ser uma entidade independente. Com frequência ele é muito dependente de capital e funciona 24 horas por dia para maximizar a utilização e evitar custosos períodos de inatividade e reinícios. O processo de fluxo contínuo difere do processo de linha sob um aspecto importante: os materiais, sejam não diferenciados, sejam discretos, fluem através do processo sem parar, até que todo o lote esteja terminado. O período pode abranger vários turnos ou até vários meses. (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009, P.109).

Segundo Moreira (2011, p.10), a alta eficiência e inflexibilidade características deste tipo de processo têm como causas, respectivamente: a substituição maciça do trabalho humano pelo das máquinas, aliada à alta padronização das atividades que são bastante repetitivas e à necessidade de manter grandes volumes de produção para recuperar o custo dos equipamentos especializados, o que requer um conjunto-padrão de produtos estabilizados ao longo do tempo.

O autor ainda acrescenta que se devem pesar alguns fatores antes da adoção de sistemas desse tipo, pois, além da competição mencionada, há o risco de obsolescência do produto, a monotonia do trabalho para os funcionários e o risco de mudança tecnológica no processo (um retorno que custa muito chegar).

2.3 Perdas do Processo Produtivo

Conforme Guinato (1996, p.55), adversidades geram custos e custos são desperdícios dentro do sistema produtivo. Para dar suporte ao processo sistemático de identificação de perdas (desperdícios), Ohno (1997) e Shingo (1996) propõem as sete grandes classes de perdas, a saber: perda por superprodução; perda por transporte; perda no processamento em si; perda por fabricação de produtos defeituosos; perda por movimentação; perda por espera e perda por estoque.

Percebeu-se durante a pesquisa bibliográfica que Guinato (1996) foi o autor que melhor descreveu as perdas relacionadas ao processo produtivo. Outros autores como Slack; Chambers; Jhonston (2009), Moreira (2011), Martins; Laugeni (2005), Krajewski; Ritzman; Malhotra (2009) e Chase; Jacobs; Aquilano (2006) são bastante superficiais; portanto, foi preferido utilizar, na maior parte desta seção sobre perdas, os estudos do autor primeiramente citado.

2.3.1 Perda por superprodução

Na visão de Guinato (1996, p.56), a perda por superprodução, de todas as sete, é considerada a mais danosa, pois tem como característica esconder outras formas de perda e sua eliminação é mais difícil. Ela se apresenta de duas formas: perda por produzir em demasia e perda por produzir com antecedência. A primeira é a perda por produzir além do que foi programado ou além do que foi pedido; a segunda se dá pela produção ocorrida antes do momento necessário.

2.3.2 Perda por transporte

O mesmo autor defende que transporte é uma atividade que não agrega valor algum ao produto. Dessa forma é caracterizado como perda e deve ser otimizado ao máximo. Para aperfeiçoar este setor específico, deve-se analisar, primeiramente, o processo em busca de melhorias no *layout*. Após verificar todas as possibilidades do processo é que se parte para a análise e alterações na produção (esteira rolante, talha, etc). Eliminar os custos com transporte é de suma importância, já que cerca de 45% do tempo total de fabricação é gasto com ele.

2.3.3 Perda pelo processamento em si

Para Guinato (1996, p.57), o próprio processamento pode gerar perdas, visto que algumas parcelas dele podem ser eliminadas ou otimizadas. Fazer uso da engenharia de análise de valor ajuda na caracterização destas falhas no processo e no método utilizado.

2.3.4 Perda por produtos defeituosos

Ainda sob a ótica de Guinato (1996, p.57), produtos defeituosos estão fora de um padrão predeterminado de qualidade exigido pelo mercado e pelos clientes; logo, geram prejuízo para o processo produtivo. Dentre as sete, é a perda mais comum e visível, possivelmente pelo fato de que são as irregularidades impressas que geram retrabalho e possível sucateamento.

Outra observação feita pelo autor é que essa fabricação de defeituosos, além de impactar abundantemente a estrutura do sistema produtivo, é a que mais tem impacto negativo sobre o cliente interno e externo. A comprovação dele em clientes externos, utilizando uma análise direta e simples, pode ser percebida em indicadores tradicionais e simples como atendimento, preço, prazo, qualidade.

“É inegável que muitos defeitos que ocorrem durante a produção têm como causas problemas nos estágios de implementação e controle” (SHINGO *apud* GUINATO, 1996, p.60). Logo, segundo Guinato (1996, p.61), pode-se afirmar que a eliminação desse tipo de perda deve ser feita através da aplicação de controles na etapa da implementação com rígidos controles de inspeção, como por exemplo, o *poka yoke* (sistema à prova de falhas com o intuito de evitar a ocorrência de defeitos na produção e/ou utilização de produtos).

2.3.5 Perda por movimentação

Guinato (1996, p.60) afirma que perdas por movimentação são relacionadas a movimentos desnecessários executados pelos operários, na execução de alguma tarefa. O estudo de tempos e movimentos pode eliminar este tipo de perda e chegar a uma otimização entre 10 e 20%. Este resultado advém da racionalização dos movimentos por intermédio da mecanização de operações; entretanto, esta mecanização só deve ser utilizada depois de já ter sido tentado solucionar com intervenções na movimentação do operário e alterações nas rotinas das operações.

2.3.6 Perda por espera

Guinato (1996, p.61-62) diz que há dois tipos de perda por espera: a perda por espera dos trabalhadores e a perda por espera das máquinas: a primeira ocorre quando o operador, por exemplo, aguarda um processo acontecer do início ao fim. Já a segunda, comumente relaciona-se com a parada da máquina pelo atraso de suprimento de insumos ou por desbalanceamento do fluxo da produção.

Conforme Shingo *apud* Guinato, (1996, p.62), vale ressaltar que a perda com a qual se deve reter mais atenção destas é a por espera das máquinas. Isso, quando ocorrer uma escolha entre estes dois tipos de perda. O que advém é que o

valor do custo/hora da mão de obra do operário é entre três e cinco vezes superior ao da máquina.

2.3.7 Perda por estoque

A manutenção de estoque de matérias primas, material de processamento e produtos acabados gera a perda por estoque, corrobora Guinato (1996, p.62). E segundo Shingo (1996, p.60-70), estes estoques dividem-se de duas formas: estocagem entre processos e estocagem relacionada ao tamanho do lote. A primeira refere-se tanto a lotes não processados aguardando o processo, quanto a estoque excessivo a ser processado ou entregue. Já a segunda faz referência ao estoque gerado enquanto as peças faltantes do estoque ainda estão em processamento.

2.4 Qualidade

Moreira (2011, p.551) traz à tona a ideia de que o clima hoje no mundo é o da concorrência, seja na disputa por uma vaga na universidade, seja no processo seletivo de um concurso, bem como na selva capitalista em que se inserem as empresas e indústrias mundiais. Nessa atmosfera competitiva, faz-se necessário que as empresas desenvolvam processos cada vez mais adaptativos que, facilmente, se moldem a uma nova realidade imposta.

Para Veras (2009, p.2), um dos fatores que fazem uma empresa se destacar e prosperar perante a falência de outras é a qualidade. No entanto, não é simples de ser alcançada, principalmente por não haver uma compreensão plena do que vem a ser qualidade.

Sua definição, de acordo com a ótica do mesmo autor, possui uma gama de interpretações e muitos autores procuram dar uma definição simples e de fácil assimilação para todos os envolvidos na organização, sendo também precisa e abrangente para não abrir espaço a interpretações erradas e para explicitar sua importância em todas as atividades relacionadas ao processo produtivo.

Slack; Chambers; Jhonston (2009, p.524) dizem que qualidade é entrar em sintonia com as expectativas do cliente. É produzir com o foco de não haver erros, porém tem de estar de acordo com o que o cliente necessita, seja ele interno ou externo. Internamente, é viável que as pessoas sintam-se bem no papel que estão

desempenhando, para que gerem produtos perfeitos; com isso haverá redução de custos. Externamente, o funcionamento perfeito e durável do produto/serviço pelo cliente aumentará a confiabilidade perante o mercado.

Como já foi dito anteriormente, não é simples definir qualidade. Abaixo seguem alguns conceitos citados por Veras (2009, p.5) onde ele cita alguns autores de renome, no campo da qualidade, para que se possa perceber como tramita este conceito:

(JURAN,1992:9) “Qualidade é ausência de deficiências” ou seja, quanto menos defeito, melhor qualidade.

(FEIGENBAUN, 1994:8) “Qualidade é a correção dos problemas e de suas causas ao longo de toda a série de fatores relacionados com marketing, projetos, engenharia, produção e manutenção, que exercem influência sobre a satisfação do usuário”.

(CROSBY, 1986:31) “Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações.” As necessidades devem ser especificadas, e a qualidade é possível quando as especificações são obedecidas sem ocorrência de defeito.

(DEMING, 1993:56) “Qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente”. Deming associa qualidade à impressão do cliente, portanto não é estática. A dificuldade em definir qualidade está na renovação das necessidades futuras do usuário em características mensuráveis, de forma que o produto possa ser projetado e modificado para dar satisfação por um preço que o usuário possa pagar.

(ISHIKAWA, 1993; 43) “Qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que é mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor.”
(VERAS, 2009, P.5).

Na concepção do mesmo autor, para alcançar os conceitos supracitados, faz-se uso das ferramentas da qualidade. Elas são recursos que identificam e melhoram a qualidade de produtos, serviços e processos e devem ser utilizadas com a finalidade de eliminar, ou pelo menos minimizar, as variações em produtos ou serviços.

2.5 Ferramentas da Qualidade

Veras (2009, p.10), cita que há uma série de ferramentas da qualidade; contudo, algumas são bastante utilizadas, como *brainstorming*, diagrama de fluxo de processo, diagrama de causa e efeito, gráfico de controle, gráfico de Pareto, 5W1H, histograma e diagrama de dispersão.

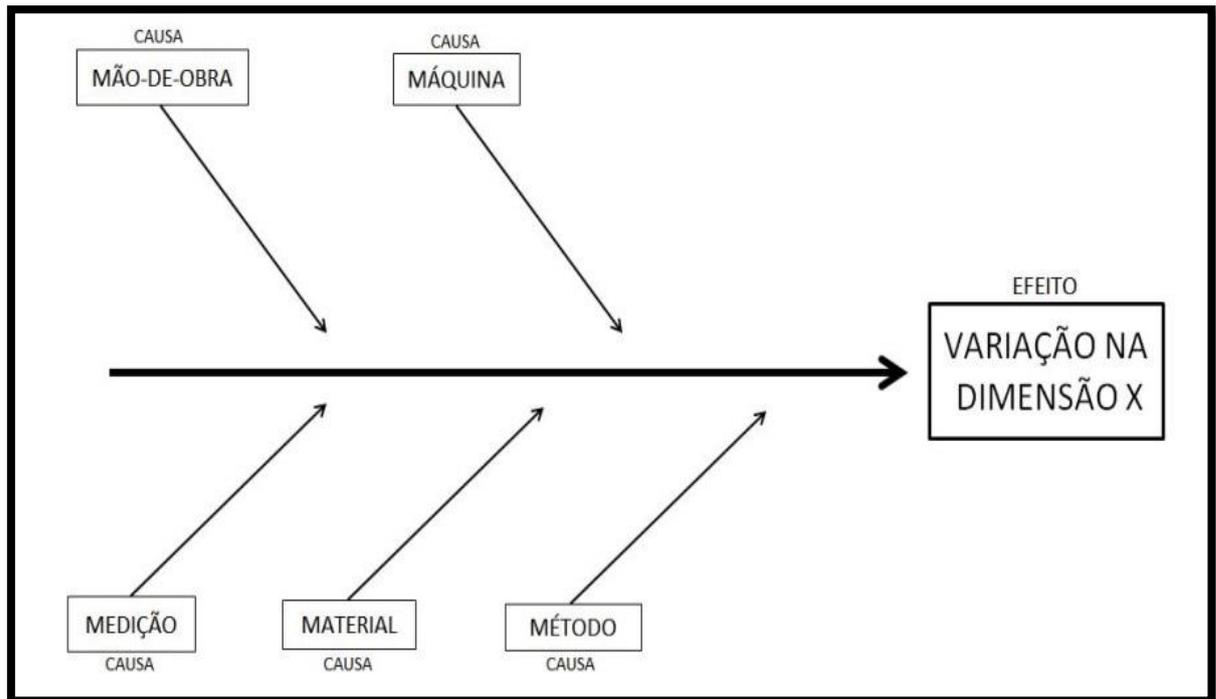
De acordo com Magri *apud* Moraes (2011, p.22), *brainstorming* significa tempestade de ideias. É a reunião em grupos sem críticas ou interpelações para discutir uma questão fim. O objetivo da ferramenta é detalhar o assunto proposto à exaustão, sem preconceitos, em busca de diversidade de ideias que contribuem para o desenvolvimento de equipes multidisciplinares. Trata-se de uma técnica bastante simples e eficaz.

Segundo Montgomery (2009, p.120-121), o Diagrama de Fluxo de Processo é de particular utilidade no desenvolvimento da definição do processo e em seu entendimento. Ele nada mais é que uma sequência cronológica das etapas do processo ou do seu fluxo de trabalho e deve ser construído de forma a exibir detalhes satisfatórios, que consigam diferenciar atividades que agregam das que não agregam valor ao processo. Este tipo de diagrama é bastante útil na visualização e definição do fluxo do sistema, de uma maneira que se podem identificar estas atividades sem valor.

O Diagrama de Causa e Efeito foi desenvolvido em 1943 por Ishikawa na Universidade de Tóquio, afirma Veras (2009, p.13). Também é conhecido como Diagrama de Ishikawa ou ainda “espinha de peixe”, e trata-se de uma ferramenta empregada para apresentar o arrolamento que há entre um efeito (determinado resultado de um processo) e suas diversas causas que provavelmente influenciaram tal resultado.

Para Rotondaro (2002, p. 140-141), este tipo de diagrama é utilizado no levantamento e apresentação visual das possibilidades de causa relacionadas com o problema em questão. Com ele, consegue-se ampliar o campo de visão, agregar mais informações sobre o problema e, desta forma, aumentar as chances de identificar corretamente as principais causas para tal.

Figura 2: Diagrama de Causa e Efeito

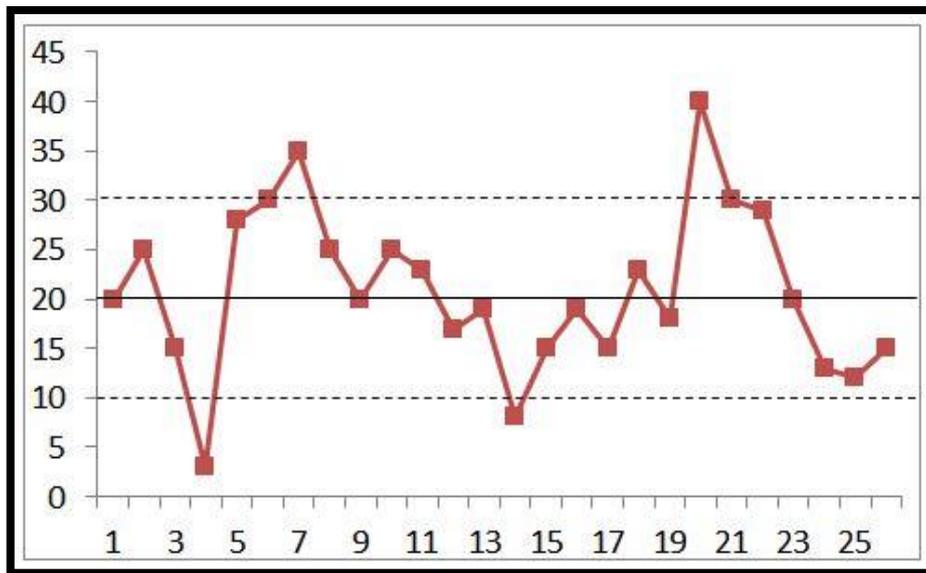


Fonte: RONTODARO, 2002, p.145; adaptado pelo autor.

Rotondaro (2002, p.298) diz que Gráfico de Controle é uma ferramenta amplamente utilizada e tem por objetivo verificar se o processo segue um padrão de previsibilidade aceitável ou se há necessidade de ações sobre ele para torná-lo mais estável. Este tipo de gráfico subdivide-se em duas grandes categorias: variáveis e atributos.

Slack; Chambers; Jhonston (2009, p. 535) adicionam que as variáveis podem ser medidas em escalas em contínua variação; por exemplo, peso, tempo, comprimento; e os atributos são avaliados pela análise e são dicotômicos, exemplificados como certo ou errado, aberto ou fechado.

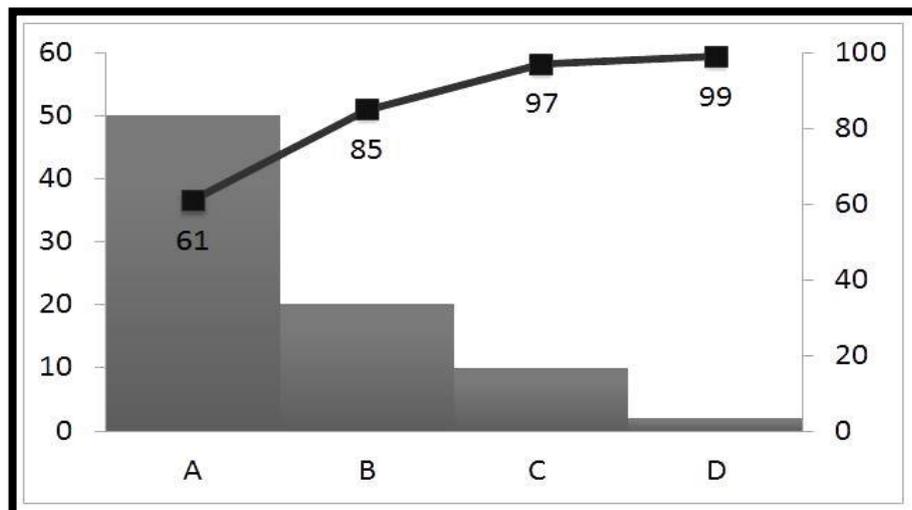
Gráfico 1: Gráfico de Controle



Fonte: ROTONDARO, 2002, p.299; adaptado pelo autor.

Conforme Montgomery (2009, p. 109-110), o Gráfico de Pareto nada mais é do que uma distribuição de frequência de dados atribuídos e organizados por classe. Por este tipo de gráfico pode-se identificar rapidamente os tipos de defeitos que ocorrem com mais frequência. Ele não identifica automaticamente os defeitos mais importantes, e sim, os mais frequentes. Estas características justificam sua ampla aplicação junto a métodos de melhorias da qualidade.

Gráfico 2: Gráfico de Pareto



Fonte: MONTGOMERY, 2009, p. 112; adaptado pelo autor.

Aliado ao Gráfico de Pareto e às demais ferramentas, o 5W1H ajuda a organizar as informações. Segundo Veras (2009, p.19-20), é um documento que, de forma organizada, identifica as ações e as responsabilidades de quem irá implementar o que está definido, por meio de um questionamento capaz de nortear as diferentes ações que deverão ser implementadas.

De acordo com o mesmo autor, as iniciais de cada pergunta é quem dão nome à ferramenta. O 5W1H vem das seguintes palavras em inglês: *what* (O QUE será feito? - Etapas), *why* (POR QUE A TAREFA DEVE SER EXECUTADA? - Justificativa), *where* (ONDE CADA ETAPA SERÁ EXECUTADA? - Local), *when* (QUANDO CADA ETAPA DEVERÁ SER EXECUTADA - Tempo), *who* (QUEM REALIZARÁ A TAREFA? - Responsabilidade) e *how* (COMO DEVERÁ SER EXECUTADA A TAREFA? - Método). O quadro abaixo ilustra a utilização desta ferramenta.

Quadro 1: Quadro Demonstrativo do 5W1H

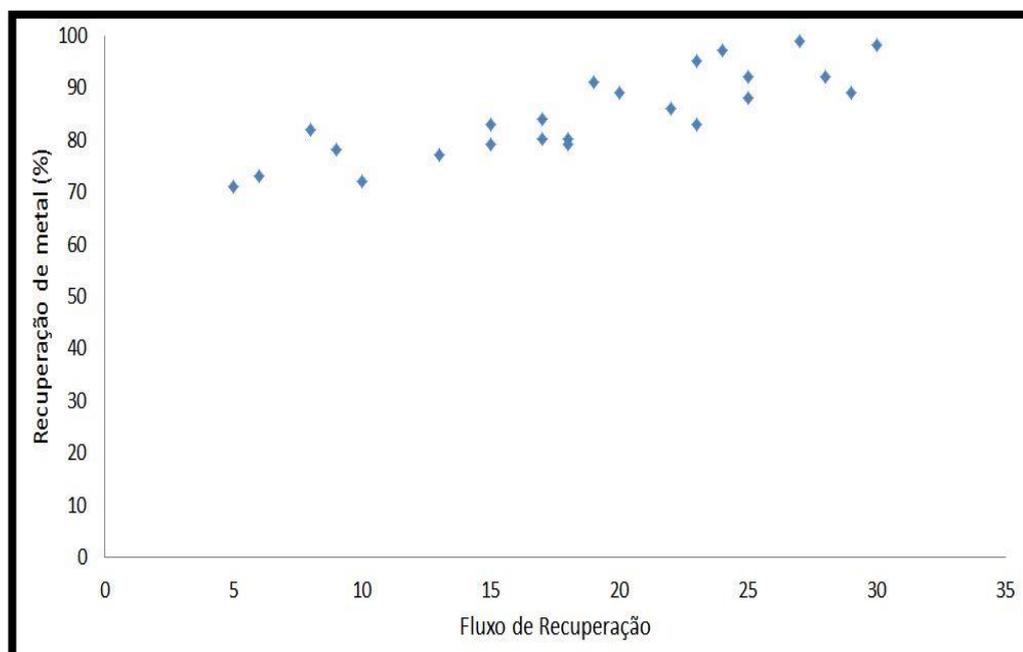
O que? (What)	Quem? (Who)	Porquê? (Why)	Quando? (When)	Onde? (Where)	Como? (How)
Preparar os novos roteiros para venda	Departamento de Marketing	Aumentar a gama de produtos oferecidos ao público, ampliando o leque de clientes potenciais	Nos próximos três meses os roteiros devem estar definidos	No Departamento de Marketing (pesquisa externa pode ser necessária)	Consulta a revistas especializadas, benchmarking de agências concorrentes e pesquisa junto a potenciais clientes
Alterar a estratégia de publicidade	Departamento de Marketing e Agência de Publicidade Contratada	Alterar o foco da agência para atingir todas as classes sociais, ampliando o número de clientes potenciais	Nos próximos cinco meses uma nova campanha publicitária deverá estar definida	Na Agência contratada (com o apoio do pessoal interno)	Através da análise das classes sociais não atendidas pela agência, deverá ser elaborada uma campanha abrangente e vinculada através de todos os canais de comunicação necessários (não somente os atuais)

Fonte: VERAS, 2009, p.20; adaptado pelo autor.

Rotondaro (2002, p.146) afirma que o Histograma é uma maneira de descrever graficamente dados quantitativos agrupados de acordo com a frequência. Ele permite a verificação da maneira pela qual os dados estão se distribuindo, o valor central e a dispersão destes dados. Apesar da semelhança com o Gráfico de Pareto, o histograma se difere quanto ao uso de variáveis contínuas, sem alternância de localização de acordo com a frequência. O diagrama de Pareto apresenta variáveis discretas posicionadas em ordem decrescente e suas curvas de frequência são acumuladas.

Por último e não menos importante, apresenta-se o Diagrama de Dispersão que, na visão de Montgomery (2009, p.113), é um gráfico bastante aplicado na indicação das relações potenciais entre duas variáveis. De uma forma geral, ele identifica qual o tipo de relação que há entre as variáveis. Os dados são coletados aos pares, para assim poder estabelecer um confronto entre as tais e pode revelar uma relação tanto positiva quanto negativa. Contudo, deve-se ter muito cuidado na sua utilização, pois correlação não necessariamente significa causa.

Gráfico 3: Gráfico de Dispersão

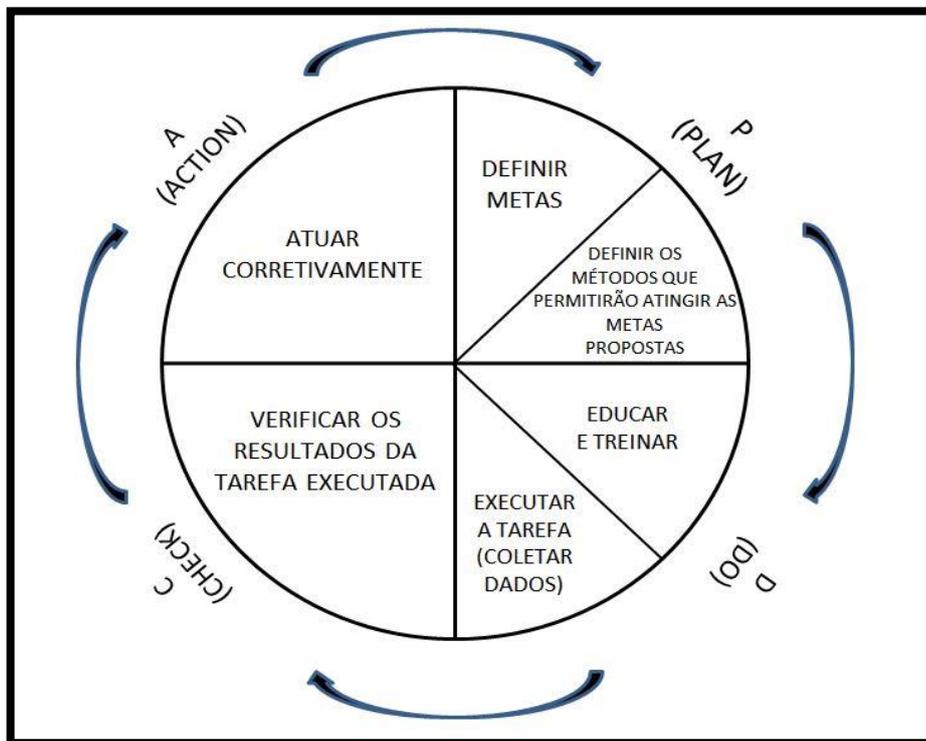


Fonte: MONTGOMERY, 2009, p.113; adaptado pelo autor.

2.6 PDCA

Um método bastante utilizado na indústria e que tem como base as ferramentas da qualidade é o PDCA. Pela concepção de Campos (2004, p35), ele é um método de controle de processo empregado quando este é repetitivo e há uma meta, em termo de valores, a ser atingida. Estes valores são chamados de itens de controle. São pontos que devem ser atingidos e/ou melhorados, em conformidade com o procedimento padrão de operação. O nome PDCA vem das iniciais das ações que regem essa metodologia: *Plan, Do, Check e Action*.

Figura 3: Ciclo PDCA



Fonte: CAMPOS, 2004, p.34; adaptado pelo autor.

Segundo Campos *apud* Pereira (2009, p.2), o PDCA consiste no giro que quatro etapas advindas dos nomes dão origem à sua sigla: planejar, executar, verificar e atuar. Todavia, para cada tipo de PDCA (Planejamento e controle da inovação; controle da qualidade ou dos processos; ou melhoria da qualidade ou dos processos; manutenção e melhoria de resultados), cada uma das etapas pode ser dividida diferentemente; e para a efetivação dessas etapas, diferentes técnicas e ferramentas da qualidade, como as citadas anteriormente, são utilizadas.

Das possibilidades existentes de trabalho com o PDCA, foi escolhida a de melhoria de resultado, ou método de solução de problema, a fim de analisar a modificação feita e demonstrar a eficiência desta ferramenta da qualidade. De acordo com Campos (2004, p. 41), esta utilização do ciclo é uma arma fundamental para se chegar à excelência quando o assunto é qualidade.

Gomes (2006, p.7), ressalta que o ciclo PDCA de melhorias é uma sequência de passos com um sentido lógico e com base em dados e fatos, extraídos do processo, que tem por objetivo identificar a causa motriz de um problema, desenvolver um planejamento para a solução e manutenção desta.

Visando auxiliar o alcance das melhorias, Campos (2004, p.235) afirma que o ciclo faz uso do método japonês "QC STORY": são oito etapas que devem ser seguidas para se alcançar a solução do problema.

Quadro 2: Método de Solução de Problema - "QC STORY"

PDCA	FLUXO	FASE	OBJETIVO
P	1	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância.
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	4	Plano de Ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
D	5	Ação	Bloquear as causas fundamentais.
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
	?		
A	7	Padronização	Prevenir contra o aparecimento do problema.
	8	Conclusão	Recapitular todo o processo de produção do problema para trabalho futuro.

Fonte: CAMPOS, 2004, p.239; adaptado pelo autor.

2.7 Corrosão

Um problema, para o qual se deve estar sempre com a atenção voltada para ele, pois é crítico para a segurança e gera custos altos diretos e indiretos, é a corrosão de equipamentos. Pode-se definir corrosão como a “deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos.” (GENTIL, 2003, pág. 1). O referido autor ainda comenta que, em alguns casos, pode-se dizer que a corrosão é o processo inverso da metalurgia, visto que o produto da corrosão é bastante semelhante ao minério do qual é extraído.

Para Gentil (2003, p.1), este tipo de problema atinge uma gama enorme de atividades industriais, como por exemplo, nas indústrias petroquímicas, aeronáuticas, construção civil, meios de comunicação, obras de arte, esculturas. Como consequência, ocorrem perdas econômicas associadas a estes danos e estas podem ser diretas ou indiretas.

O mesmo autor diz que as perdas são diretas quando se relacionam com os custos de substituição de peças ou equipamentos que não podem ser mais utilizados, devido ao seu grau de deterioração decorrente da corrosão (incluem-se aqui custos de energia e mão de obra). Custos para a prevenção e controle do processo corrosivo também são considerados diretos. Já as perdas indiretas têm uma avaliação mais complexa, porém um exame de perdas típicas mostrará o custo relacionado a este tipo de perda.

Segundo Jambo; Fófano (2008, p.155; 159), um dos tipos de corrosão bastante preocupante é a corrosão pelo hidrogênio. Uma das reações de onde ele pode advir é a dissociação, em meio aquoso, do H_2S em HS^- e H^+ . O último, tendo penetrado no metal, pode desencadear quatro tipos de processos de deterioração: Fissura induzida pelo hidrogênio; Emplamento por hidrogênio; Trincamento sob tensão em presença de sulfeto e Trincamento pelo hidrogênio orientado por tensão.

Jambo; Fófano (2008, p.188) defendem também que uma das formas de controlar a corrosão é monitorá-la. Os métodos de monitoramento não analíticos, que se baseiam na medição de íons ou substâncias que podem estar associadas à corrosão; ensaios não destrutivos, que indicam perda de espessuras ou outro dano causado pelo processo corrosivo; e os corrosionais, que podem ser eletroquímicos e não eletroquímicos. Dentro deste último, faz-se uso de cupons de perda de massa.

Para Nunes (2007, p.260), os cupons de perda de massa são amplamente utilizados na indústria de óleo e gás, para a obtenção simples da taxa de corrosão em tubulações e equipamentos fabricados em aço carbono. É uma técnica com relativo baixo custo e permite a coleta de dados por longos períodos, além de possibilitar a obtenção de informações pertinentes à morfologia do processo corrosivo e natureza dos depósitos.

3 METODOLOGIA

“A palavra *método* é de origem grega e significa o conjunto de etapas a serem vencidas ordenadamente na investigação dos fatos ou na procura da verdade.” (RUIZ, 2008, p.137). O método é um “conjunto de normas-padrão que devem ser satisfeitas, caso se deseje que a pesquisa seja tida por adequadamente conduzida e capaz de levar a conclusões merecedoras de adesão racional.” (NAGEL *apud* RUIZ, 2008, p.138).

3.1 Tipo de Pesquisa

Conforme Marconi; Lakatos (2001, p. 43), toda pesquisa se compromete em garimpar dados de várias fontes, quaisquer que sejam os métodos ou técnicas utilizadas. Há dois processos pelos quais estes dados podem ser levantados: documentação direta e indireta.

A primeira, descrevem as mesmas autoras, faz uso do levantamento de dados no próprio local de ocorrências dos fenômenos e podem ser conseguidos por pesquisa de campo ou de laboratório, enquanto que a segunda utiliza fonte de dados coletados por outras pessoas e são obtidos por pesquisa documental ou bibliográfica.

Neste trabalho, fez-se uso tanto de documentação direta, quando se utilizou a pesquisa de campo para o levantamento de dados sobre injeção de produto químico e temperaturas por parte do pesquisador no local de ocorrência do problema, quanto de documentação indireta na obtenção de dados a partir de documentos de análises de gás e de corrosão de cupons, que não estão no mesmo local da situação problema e não são feitas pelo pesquisador.

Este trabalho também se caracteriza como um estudo de caso, pois sua finalidade condiz com o conceito de que ele “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento” [...] (GIL, 2002, p.54).

3.2 Coleta de Dados

Segundo Ruiz (2008, p.53), o ato de observar significa dedicar atenção a um fenômeno ou problema, captá-lo, retratá-lo, tal como se manifesta. A observação se dá do início ao fim do processo da pesquisa, já que se faz necessário observar todos os resultados que permeiam o ambiente pesquisado. Nesta pesquisa, fez-se uso da observação direta sistêmica, com base em documentos obtidos na empresa e observações feitas pelo próprio pesquisador.

3.3 Análise dos Dados

Após a coleta total dos dados, foi feita uma seleção para filtrar os que realmente eram significantes para a pesquisa. Assim, com um grau de fidelidade maior, foi possível o uso de ferramentas da qualidade, a fim de auxiliar a execução do método PDCA, objetivo deste estudo, com a intenção de solucionar problemas e, a partir deles, propor melhorias para o processo.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Mapeamento do Processo

No Pólo de Gás de Carmópolis, encontram-se três unidades de processamento de gás: a Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN), a Unidade de Dessulfurização (UD) e a Estação de Compressores de Carmópolis (ECCP). A primeira foi desativada em dezembro de 2012, devido a uma decisão estratégica da empresa; a segunda e a terceira trabalham em série e estão em pleno funcionamento.

Dos poços de petróleo são extraídos gás e uma emulsão de óleo e água. Estes componentes são enviados para as unidades de tratamento de óleo e nelas ocorre a separação deles. O óleo é separado da água e enviado para a Estação Coletora de Bonsucesso e de lá bombeado para o TECARMO (Terminal Marítimo de Carmópolis), em Aracaju. A água é, uma parte, bombeada para a Estação de Tratamento de Água em Carmópolis, onde ocorre a elevação da pressão para a reinjeção de parte dela nos poços injetores, e a outra parte vai para a VALE (antiga Companhia Vale do Rio Doce). O gás é enviado para a ECCP, que elevará a pressão deste para que seja tratado na UD.

O objetivo da ECCP é elevar a pressão do gás do campo de Carmópolis (CP) para que ele seja tratado na UD. Cada estação coletora de óleo tem um gasoduto que envia o seu gás para a ECCP a uma pressão de aproximadamente 0,8 kgf/cm²; na ECCP, a pressão é elevada até 64 kgf/cm², que é a pressão com que trabalha a UD. O Anexo A traz um fluxograma simplificado desse processo.

O gás chega pelos gasodutos das estações coletoras, juntam-se em uma única tubulação e passa por um vaso separador (V-624001), antes de entrar nos compressores de gás da ECCP. Nesta, há dois compressores que funcionam em paralelo; o que será descrito para um é exatamente o que ocorre com o outro.

O V-624001 serve para separar qualquer traço de líquido que possa ter vindo com a parte gasosa, pois não pode haver líquido nos cilindros de compressão, visto que causaria calço hidráulico. Após a passagem pelo vaso, inicia-se o processo de compressão deste gás.

Cada compressor tem três estágios de compressão. O primeiro estágio admite o gás com a pressão de saída do vaso supracitado (0,8 kgf/cm²) e a eleva para 6 kgf/cm². Quando ocorre esta compressão, a temperatura do gás tende a aumentar e, a fim de seguir para as fases subsequentes de compressão, faz-se necessário o seu resfriamento. Todavia, após este processo, há a predisposição da condensação deste gás. Por esta causa, a cada resfriamento o gás passa por um *scrubber* (vaso separador de líquido) para que não chegue líquido no próximo estágio de compressão.

Depois de retornar ao segundo estágio de compressão, a pressão é elevada para 21 kgf/cm² e passa pelo mesmo processo de resfriamento do estágio anterior. No terceiro e último estágio, chega-se a 64 kgf/cm², o gás é resfriado e, antes de seguir para a UD, passa por um último vaso, comum aos dois compressores, que vai separar qualquer condensado gerado no processo de compressão, o que finaliza as operações da ECCP.

Ao sair do último vaso de separação da Estação de Compressores, o gás se dirige para a Unidade de Dessulfurização (UD) e, nela, ocorrerá o tratamento dele com a retirada do H₂S e CO₂, até que se chegue a concentrações estabelecidas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).

O condensado gerado pelo processo de resfriamento na ECCP contribui negativamente para o tratamento deste gás na UD. Sendo assim, o primeiro equipamento da UD é um vaso separador (V-123401), uma redundância para garantir a não existência desse líquido no processo. Após esse vaso, o gás segue para a Torre Absorvedora (T-123401), onde é posto em contato com uma amina (DEA – dimetil- etil- amina) que tem a função de absorver o H₂S e CO₂ presentes no gás. Vide Anexo B no qual se encontra o fluxograma simplificado da UD.

Este último entra pouco abaixo da metade da torre e segue em um sentido ascendente, enquanto o líquido é bombeado até o topo para seguir em contra fluxo. Buscando aumentar o tempo e a uniformidade de contato do líquido com o gás, esta torre é dotada de bandejas e um recheio cerâmico, que dificultam, intencionalmente, a descendência do líquido para que a absorção da amina ocorra com maior eficácia.

Nesta parte do processo, o gás tratado e especificado (até 3% de CO₂ e até 9,35 ppm de H₂S – Resolução ANP N°16, de 17/06/2008 – DOU 18/06/2008) sai pelo topo da torre e segue para o Gasoduto Norte (GN), por onde é enviado para a UPGN da Atalaia, em Aracaju, enquanto a amina, com altas concentrações de H₂S e

CO₂, sai pelo fundo da torre. É sabido que seria um imenso desperdício o descarte de toda a amina que estivesse saturada nesse processo.

Vale frisar que se trata de um processo contínuo, com um volume de gás em torno de 200 m³/dia e um volume de amina de aproximadamente 8 m³. Logo, é preciso retirar estes componentes dessa DEA, para que ela seja reutilizada. Desta maneira, são necessárias duas ações: a redução da pressão em que se encontra esse líquido e o aumento da sua temperatura. Este processo de regeneração inicia-se no equipamento sucessor da T-123401: o Vaso de *Flash* (V-123404).

O que ocorre neste vaso é semelhante ao que acontece na abertura de uma garrafa de refrigerante. Ocorre uma despressurização e o CO₂ contido no líquido é desprendido. No processo da UD, a amina sai da T-123404 para o V-123404 a uma pressão de 64 kgf/cm² e, ao entrar neste, tem uma diminuição para cerca de 2,5 kgf/cm², o que proporciona a liberação do CO₂ presente na DEA, o qual é direcionado para o *flare* (queimador) da Unidade.

A amina já teve, neste ponto, uma grande parte do CO₂ retirado, contudo ainda é necessária a remoção do H₂S. Para isso, eleva-se a temperatura de cerca de 70°C até 115°C, em um ciclo constante da DEA entre a Torre Regeneradora (T-123402) e o Forno (F-123401).

Antes de o líquido chegar à T-123402, ele passa por um Permutador (P-123402), a fim de ser pré-aquecido. Este pré-aquecimento, na realidade, é um aproveitamento de energia. Permutadores são utilizados para a troca de calor entre fluidos que passam em compartimentos distintos do equipamento, porém com paredes que permitem esta troca térmica.

Neste caso específico, a troca de calor ocorre entre a amina que sai do V-123404 em direção a T-123402, para ser regenerada, e a que já sofreu a regeneração, e precisa ter sua temperatura reduzida para ser bombeada novamente até o topo da T-123401, e iniciar o processo de absorção já mencionado anteriormente.

Após ser pré-aquecida no P-123402, a amina segue para T-123402, e nela ocorrerá a retirada do CO₂ restante e do H₂S contido. Na passagem do líquido nesta torre, há dois ciclos paralelos: no primeiro deles, ele circula entre a torre e o forno para elevar a temperatura e ocorrer o desprendimento dos gases indesejados, que são encaminhados ao *flare*. No segundo, a amina regenerada segue para bombas

que elevarão novamente a pressão deste líquido, para que ele possa chegar ao topo da T-123401.

Figura 4: Foto Ilustrativa do P-123402



Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

Assim, antes de retornar à Torre Absorvedora, o produto regenerado passa por três permutadores: o P-123403 e P-123404, que compõem o *air cooler* (são tubos montados em uma estrutura que tem uma hélice embaixo deles, para ventilá-los) e o P-123402, que faz a troca térmica com a amina saturada.

Esta necessidade de baixar a temperatura da amina antes de ela retornar para a T-12341 vem da informação técnica do fabricante do produto, que diz que quanto menor a diferença de temperatura entre o gás a ser tratado e a amina que fará o tratamento dele, maior será a eficiência da absorção.

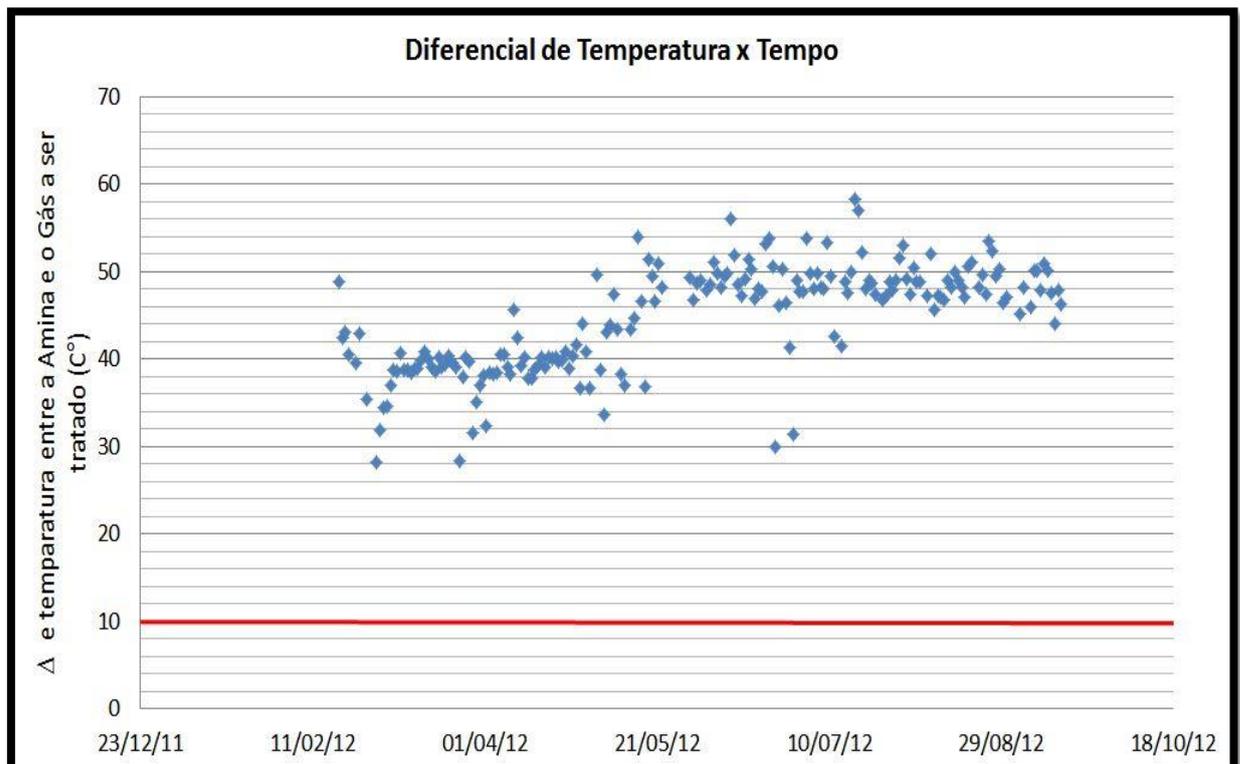
Na Unidade de Dessulfurização, o tratamento apresentava-se bastante ruim e na maioria das vezes causava a não especificação do gás. Quando isso ocorre, há uma perda de produção no processo da unidade de Aracaju, pois a UD deixa de enviar o gás, e o que é produzido a partir dele no TECARMO diminui. À luz deste cenário, decidiu-se utilizar o método PDCA para solucionar este problema.

4.2 Método PDCA

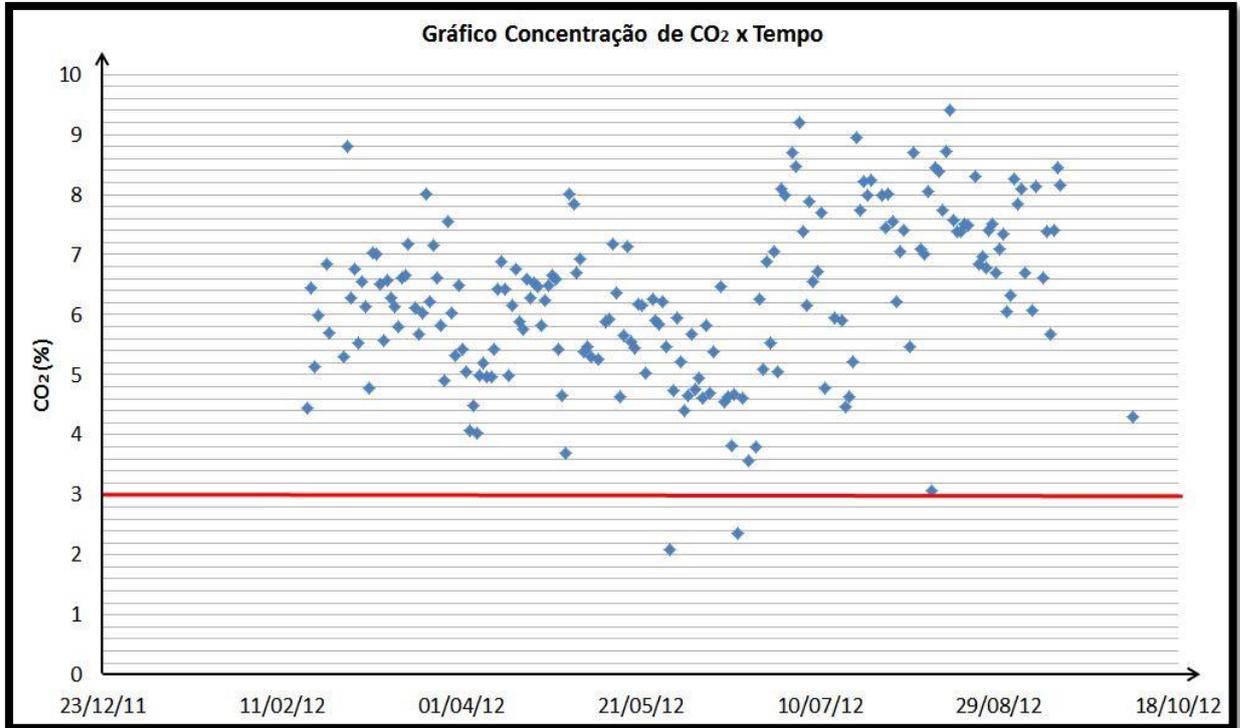
Neste ponto, inicia-se a desenvolvimento do método. A primeira fase dele é a do planejamento (*Plan*), que é composta por quatro subfases: identificação do problema; análise do fenômeno, análise do processo e plano de ação. Inicialmente, é feita a identificação do problema e se reconhece a sua importância.

No cotidiano dos trabalhos na UD, foi percebida uma grande frequência de saída de especificação do gás com relação à concentração de CO_2 e H_2S . Ambos, frequentemente, saíam da unidade com concentrações acima da permitida. Este fato, de início, não causava tanta preocupação, pois o gás que a UD injetava no GN se misturava ao advindo das unidades de produção de Alagoas, nas quais não existe a presença desses gases. Dessa forma, havia a diluição dessa concentração a níveis toleráveis.

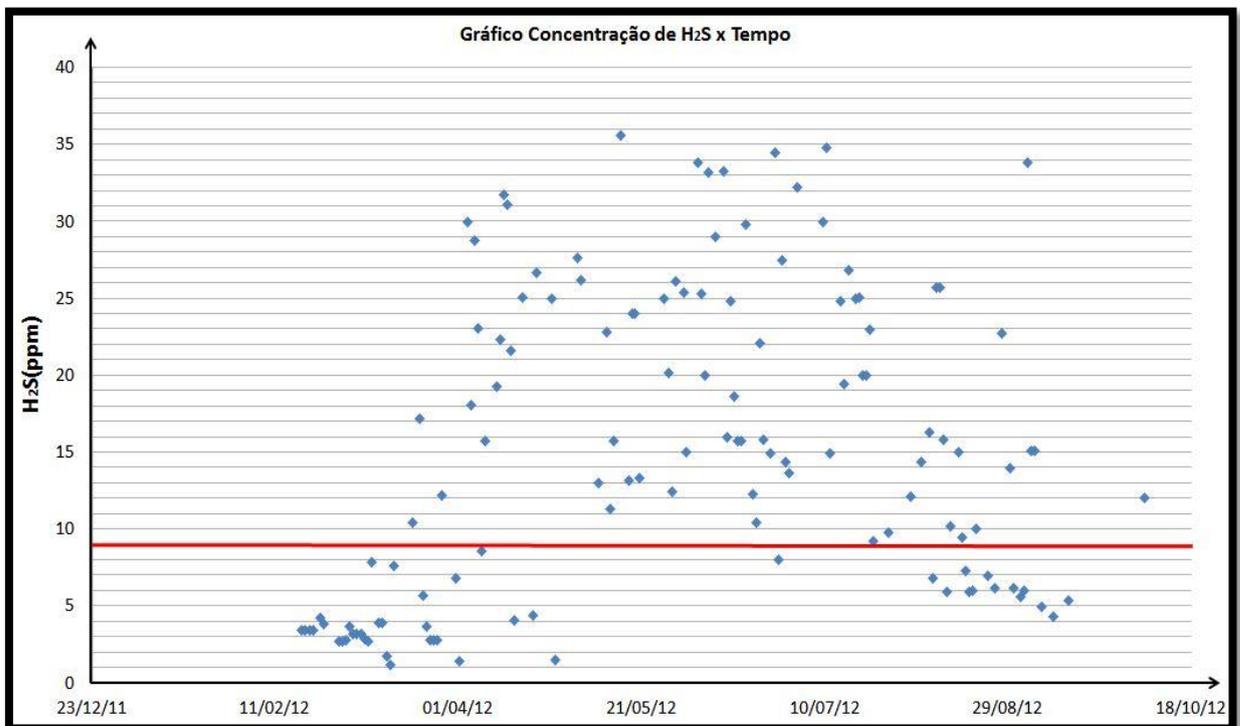
Gráfico 4: Δ Temperatura entre a Amina e o Gás a ser Tratado



Fonte: Próprio autor.

Gráfico 5: Gráfico da Concentração de CO₂ x Tempo

Fonte: Próprio autor.

Gráfico 6: Gráfico da Concentração de H₂S x Tempo

Fonte: Próprio autor.

Contudo, as unidades de Alagoas começaram a enviar cada vez menos gás em direção a Aracaju, visto que os seus poços apresentaram queda de produção; com isso, o que é tratado na UD em Carmópolis teve que de fato entrar na faixa correta de especificação.

O problema então estava definido: a saída de especificação constante do gás tratado pela UD. Esta questão atinge diretamente a possibilidade ou não da venda deste produto para clientes externos, quando ele não se enquadra no que determina a ANP em sua Resolução N°16, de 17 de junho de 2008 – DOU 18 de Junho de 2008 (Anexo C), ao dizer que a concentração máxima de CO₂ e H₂S presente no gás vendido para terceiros é de 3% e 9,35 ppm, respectivamente.

Vale aqui ressaltar que os valores expressos para o Gás Sulfídrico (H₂S) na Resolução da ANP encontram-se em mg/m³, porém, a Petrobras utiliza a unidade ppm (partes por milhão). Por conta disso, foi feita uma conversão de unidades com base mássica (pressão de 1 atm e temperatura de 25°C) descrita abaixo:

$$ppm = \frac{\frac{x \text{ mg}}{\text{m}^3} \times 24,45}{\text{Massa Molecular}} \quad \dots(1)$$

$$ppm = \frac{13 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 24,45}{\frac{34 \text{ g}}{\text{mol}}} \quad \dots(2)$$

$$ppm = 9,35 \text{ concentração de H}_2\text{S em ppm} \quad \dots(3)$$

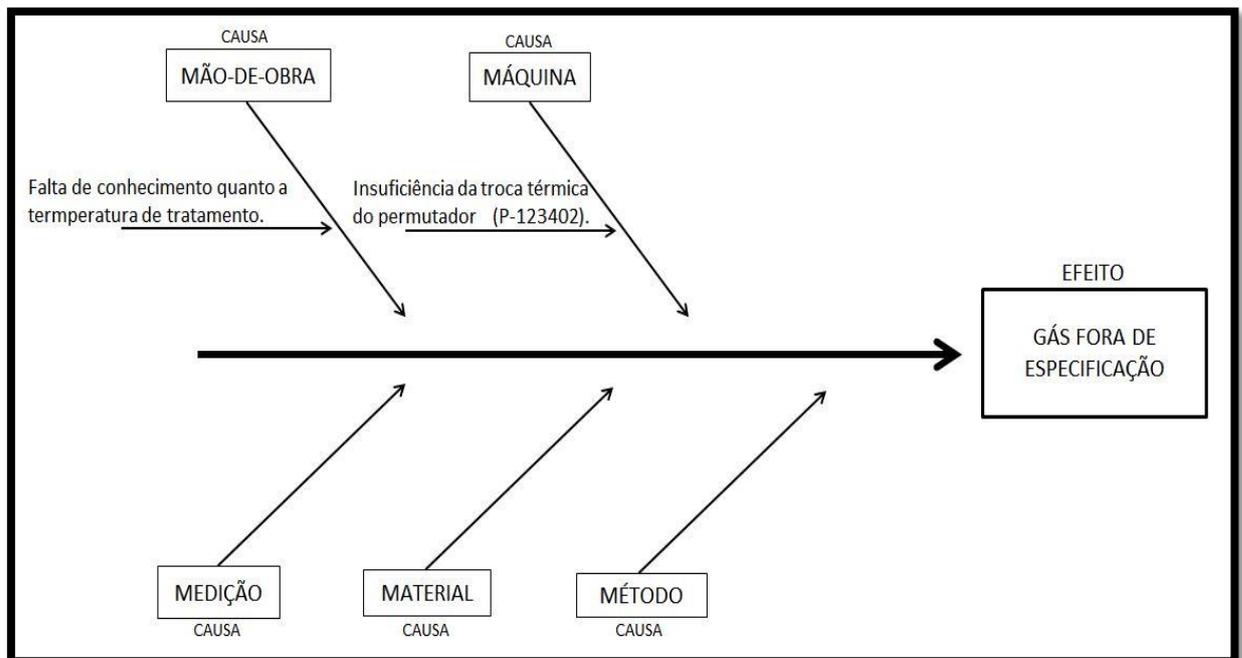
Outro problema de relevância para a existência de altas concentrações destes gases é o fato de o condensado (líquido presente no gasoduto junto com o gás), proveniente de Alagoas, conter água em sua composição. Este fato influencia a corrosão do duto, pois o H₂S em contato com esta água se dissocia em HS⁻ e H⁺. Este último reage diretamente com as paredes do gasoduto, podendo causar fissuras ou empolamento. Logo, fica claro que a presença desses gases não é benéfica mesmo em baixas concentrações, muito menos em grandes.

Com base nos dados coletados no período de dez meses, a partir da cromatografia feita no gás de saída da UD, pôde-se constatar que na maior parte do intervalo, tanto a concentração do CO₂ quanto a de H₂S, estão acima do máximo permitido pela Resolução da ANP. Diante disso, foi então decidido utilizar o diagrama de *Ishikawa* para encontrar as possíveis causas deste problema.

Foi realizada uma reunião com um grupo de envolvidos na operação da Unidade de Dessulfurização, e o fabricante da amina utilizada no processo também

foi convidado para contribuir com sua experiência, no que fosse possível. Nesta, chegou-se ao diagrama abaixo, que foi resultado de um *brainstorm* executado pelos integrantes, baseado nos dados citados e análise *in loco*.

Figura 5: Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: RONTODARO, 2002; adaptado pelo autor.

Foram encontradas duas causas possíveis para o problema: a falta de conhecimento dos envolvidos no processo quanto à melhor temperatura necessária para a amina retornar ao topo da Torre Absorvedora e absorver o H_2S e CO_2 presentes no gás, e a ineficiência na troca térmica do P-123402, para baixar a temperatura da amina ao ponto citado.

Era sabido que quanto menor a diferença de temperatura entre o gás a ser tratado e a amina que fará o tratamento, melhor seria o tratamento; entretanto, não se havia estipulado um valor ótimo para esta situação. Durante a reunião, o representante da empresa que fornece a amina informou que esta diferença de temperatura deveria ser de, no máximo, $10^{\circ}C$, para se obter um gás especificado.

Diante desta informação, o grupo que trabalha diretamente com a operação da planta identificou que o ponto crítico dessa deficiência de tratamento estava no P-123402. Este equipamento é o que mais influencia a troca de calor da amina antes de ela chegar ao topo da T-123401.

Havia em outra unidade um permutador disponível para ser instalado na UD. A pressão de trabalho, temperatura e demais características técnicas necessárias à sua operação estavam de acordo com a realidade imposta pelo processo da UD e, sem delongas, foi solicitada sua inspeção, visando verificar se estava em condições de operar. Como o trâmite era dentro da mesma unidade, não houve problema com a solicitação, somente documentação do equipamento quanto à sua rastreabilidade dentro da empresa.

Com essas conclusões quanto às causas do problema, decidiu-se traçar um plano de ação para direcionar as medidas que seriam postas em prática. Objetivando desenvolver este plano, foi utilizada a ferramenta da qualidade 5W1H. Segue abaixo o quadro com as devidas considerações.

Quadro 3: 5W1H da Melhoria

WHAT	WHO	WHEN	WHERE	WHY	HOW
Disseminar o conhecimento discutido em reunião para todos os envolvidos	Supervisor da Operação	01/09/2012 a 30/09/2012	Unidade de Dessulfurização	Para instruir os trabalhadores das condições ideais de tratamento.	Conversas individuais apresentando relatórios de análises e as informações colhidas na reunião do grupo.
Movimentar o Permutador	Supervisor do Transporte	30/09/2012	Unidade de Dessulfurização	Para evitar perda de tempo de transporte no dia da instalação.	Pegar o equipamento no local de origem e posicioná-lo no local devido.
Instalar novo permutador	Supervisor da Caldeiraria	18/10/2012	Unidade de Dessulfurização	Para melhorar a troca térmica e, conseqüentemente, o tratamento do gás.	Parada da planta e interligação do equipamento ao sistema.
Comunicar a perda de eficiência do Permutador	Técnicos de Operação da UD	Quando o equipamento perder eficiência.	Unidade de Dessulfurização	Para que seja executada limpeza no equipamento.	Analisar as temperaturas da amina a montante e a jusante do permutador e, confirmando-se sua ineficiência, comunicar ao supervisor (Heitor) e solicitar a execução do serviço.
Limpar o permutador	Supervisor da Caldeiraria	Quando for solicitado.	Unidade de Dessulfurização	Para que o equipamento retorne a sua eficiência inicial.	Parar o equipamento, despressurizar, drenar, retirar as calotas, "varretar" os feixes e lavar com água (utilizar hidrojato).

Fonte: VERAS, 2009; adaptado pelo autor.

De posse do plano de ação acima e de ele ter sido devidamente discutido com a gerência, entra-se na segunda fase do método PDCA (DO). Nela ocorreu a execução propriamente dita do plano de ação. Tudo que foi previamente discutido e planejado foi posto em prática.

Logo após a reunião, como previsto em uma das ações do 5W1H, foi decidido entrar em contato com os técnicos de operação para comunicar as novas informações técnicas colhidas na reunião e, também, as ações que seriam tomadas para solucionar o problema no tratamento do gás, que perdurava por tanto tempo na unidade. Como o regime de trabalho desses colaboradores é de turno, foi decidido que, em um período de um mês, ocorreriam visitas do supervisor à estação para a divulgação dos fatos.

Simultaneamente, foi solicitada a movimentação do permutador do seu local de origem até a Unidade de Dessulfurização ao setor de transporte, com a observação de comunicar o dia e a hora do transporte, a fim de que o supervisor informasse o local exato da instalação, para evitar realocações. No dia 30 de Setembro de 2012 o P-123406 foi alocado na UD.

Assim que foi executada a movimentação, a equipe de caldeiraria foi informada e foi programada a instalação do equipamento para o dia 18 de outubro de 2012. A distância entre as datas de movimentação e instalação se deu devido a uma parada programada já existente na planta; logo, a parada foi aproveitada para os dois serviços. Findada a instalação do equipamento e o serviço adjacente, a UD retornou à sua operação normal e, a partir de então, começaram as coletas de dados para acompanhar a eficiência da planta.

Figura 6: Foto Ilustrativa do P-123406 e P-123402

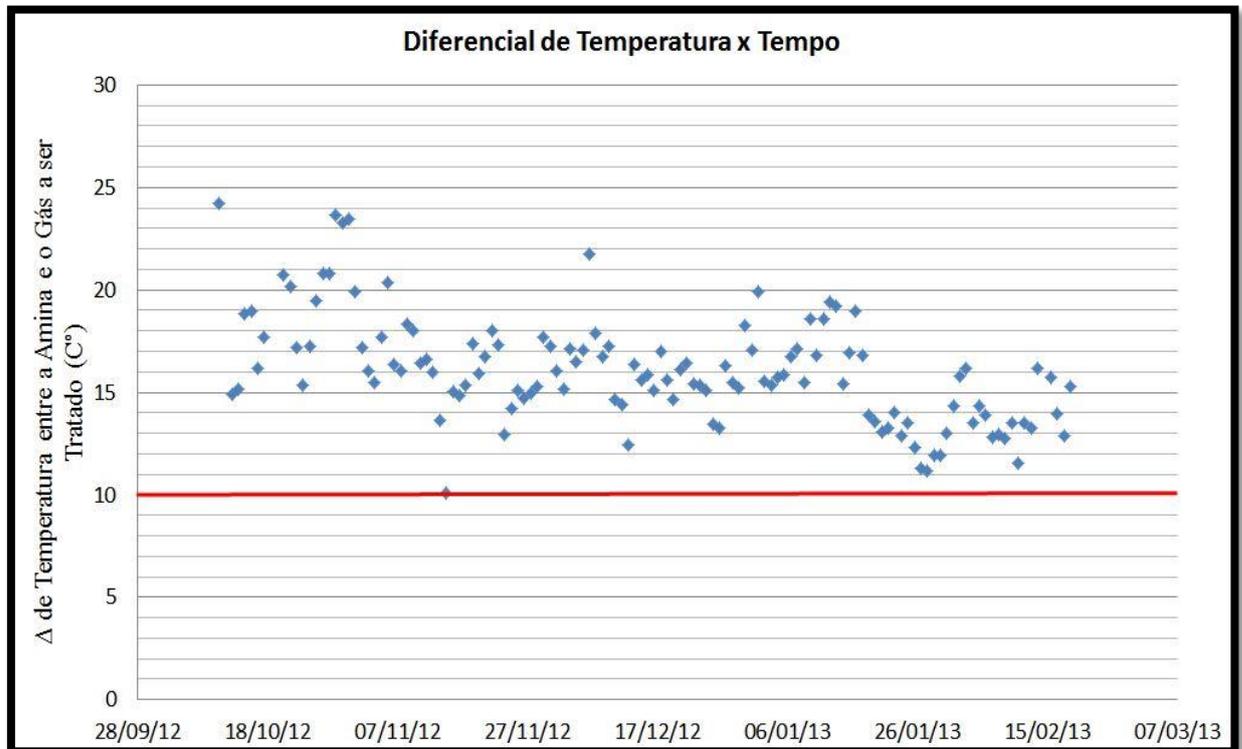


Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

Neste ponto, inicia-se a terceira etapa do PDCA (*Check*). Nela foram observados os dados e os efeitos da melhoria implantada para avaliar se as ações tomadas estavam de acordo com o plano de ação e se o que se esperava realmente se firmou. Caso não tivesse ocorrido, seria preciso retornar às observações e buscar pelas causas do problema, para iniciar outro ciclo. A cada rodada que ocorresse no ciclo seria desenrolado outro plano de ação e um novo relatório.

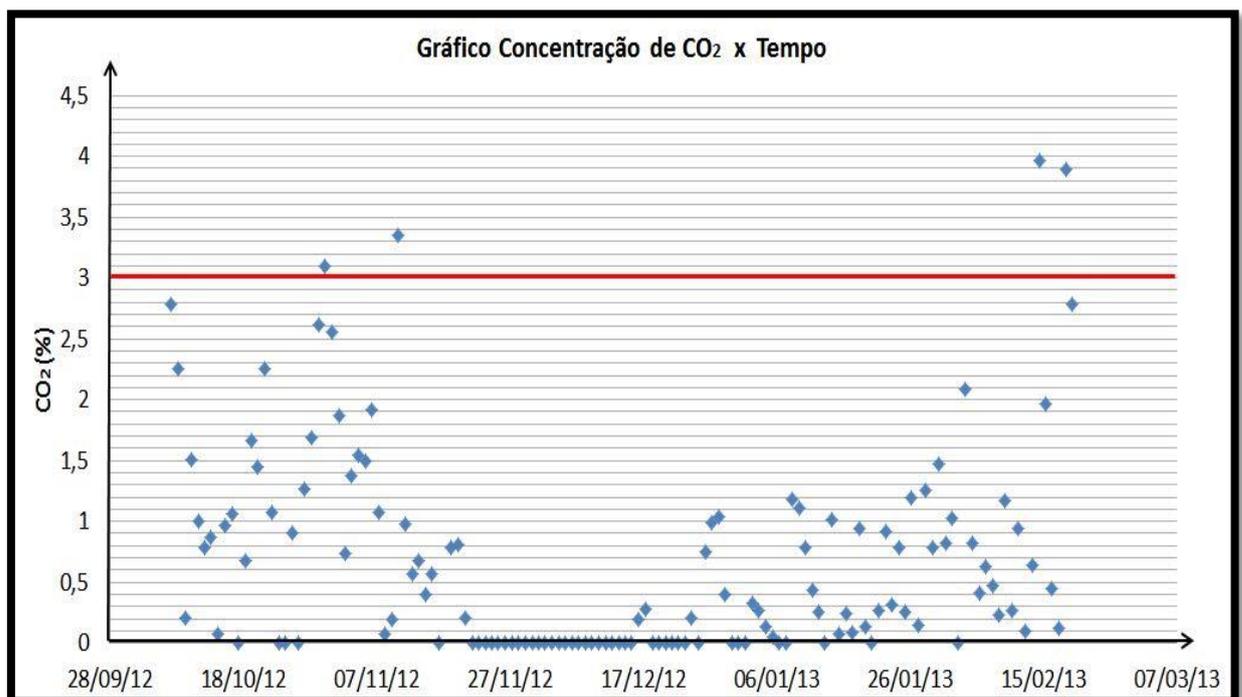
No caso deste trabalho, não foi necessário fazer o ciclo girar novamente, pois se trata de um estudo de caso. Aqui se pode afirmar, fundamentado em dados coletados na unidade, que após a instalação do novo permutador, em paralelo com o antigo, foi possível perceber claramente a queda na diferença de temperatura entre o gás e a amina e que, posteriormente, com as análises cromatográficas do gás, evidenciou-se a melhora significativa no enquadramento do gás tratado nas tolerâncias permitidas pela ANP.

Gráfico 7: Δ Temperatura entre a Amina e o Gás a ser Tratado x Tempo

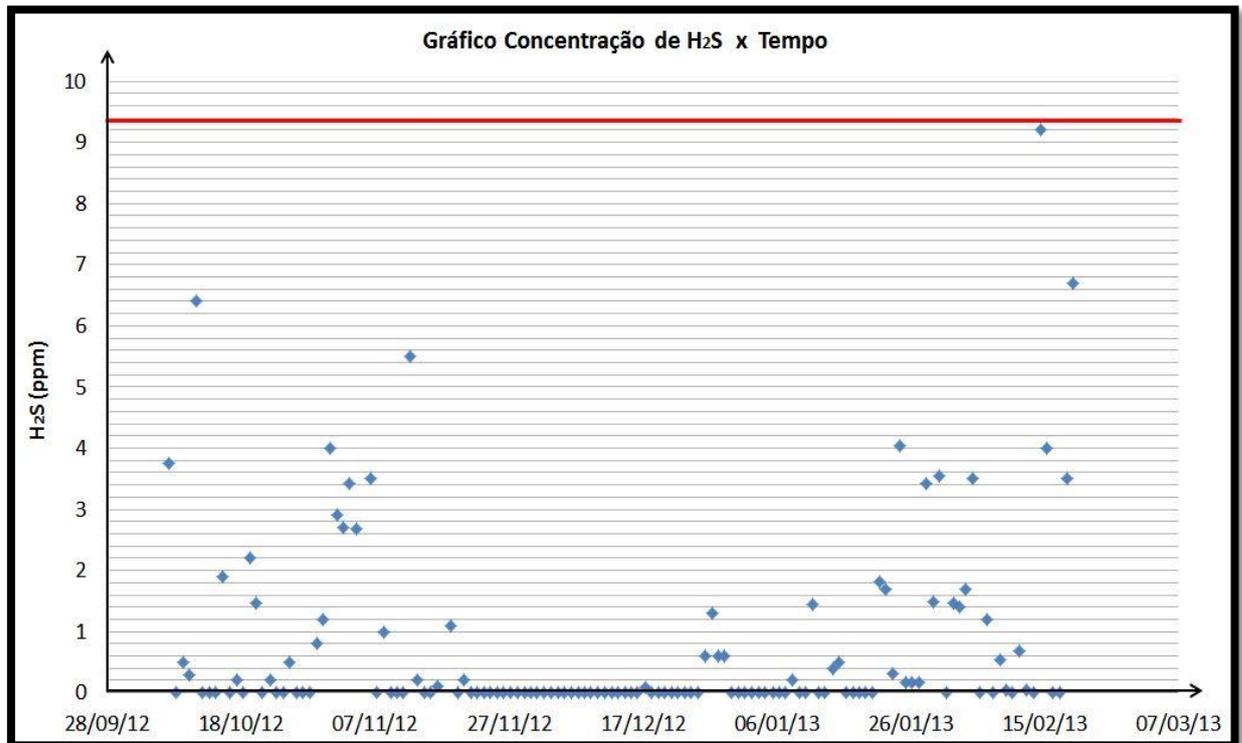


Fonte: Próprio autor.

Gráfico 8: Gráfico da Concentração de CO₂ x Tempo



Fonte: Próprio autor.

Gráfico 9: Gráfico da Concentração de H₂S x Tempo

Fonte: Próprio autor.

Neste ponto, após a verificação e análise dos dados nos gráficos de dispersão, vale ressaltar o porquê de existir um longo período entre os meses novembro e dezembro de 2012, em que as concentrações de H₂S e CO₂ apresentam-se nulas. Isto ocorreu devido a um *déficit* de gás ocorrido no período; logo, com a diminuição do volume de gás para ser tratado, a Unidade de Dessulfurização trabalhou com um volume bastante abaixo do normal e, conseqüentemente, ocorreu um tratamento acima do convencional.

Por fim, chega-se à quarta e última fase do PDCA (*Action*). Nela é feita, geralmente, uma padronização dos pontos positivos, para perpetuá-los e se conclui então o método com a chegada aos resultados esperados e a manutenção do que foi previsto e feito de acordo com o método.

Diante da resposta positiva à melhoria implementada, foi estabelecido um acompanhamento mais criterioso quanto às temperaturas da amina e os resultados cromatográficos do gás. Não foi, todavia, estabelecida uma diferença de temperatura entre a amina e o gás, para que fosse solicitada a abertura do equipamento para limpeza.

Desde a instalação do novo permutador, raros foram os dias em que o gás saiu de especificação e, quando o fato ocorreu, não foi verificada nenhuma relação com a troca térmica do equipamento, e sim com outros fatores que podem influir no tratamento do gás como, por exemplo, problemas com o forno, que incidem diretamente na regeneração na amina.

4.3 Outras Melhorias

No decorrer dos estudos e aplicação do método, foram percebidos pontos de melhorias que merecem atenção e estudos posteriores. Estão colocados separadamente para não serem confundidos com a proposta desenvolvida pelo método que foi visto acima.

Um fator de extrema importância no sistema de escoamento do gás em direção ao TECARMO é a manutenção da integridade do modal utilizado: o dutoviário. Este tipo de modal oferece uma enorme vantagem sobre os outros que é a facilidade de transporte no que se refere às dificuldades quanto a intempéries.

O gasoduto funciona 24 horas por dia e não é prejudicado se a condição climática está ruim; contudo, necessita de vários cuidados na sua manutenção; uma delas é quanto à corrosão. Como este modal, nesse caso, é composto de uma liga de aço-carbono e esta liga contém ferro, há a necessidade de cuidados especiais quanto à sua corrosão, já que trabalha com pressões bastante elevadas.

A presença de H_2S em meio aquoso, como citado anteriormente, beneficia o aparecimento do íon H^+ . Este cátion reage com o ferro presente na composição da parede do duto e pode causar dois tipos de corrosão: a fissura ou empolamento. Diante disso, fica claro que quanto menos H_2S houver no duto melhor para a integridade física do mesmo.

Não existe a programação de substituição de trechos do gasoduto. A regra é: quanto menor a corrosão, melhor. Logo, se for necessária uma intervenção desse tipo no duto haverá um custo altíssimo de manutenção, pois o material utilizado é importado, a logística de transporte para este serviço é densa, devido à distância e acessibilidade até a faixa de duto, e a perda de produção é o fator que mais impacta nesse caso.

Fora a produção perdida há o risco de multa perante a ANP, já que, diferente do óleo, o gás não é tão simples de ser armazenado. Uma vez saído dos poços de

produção ele tem de ser tratado em um fluxo contínuo, não havendo muitos pontos de armazenagem.

Como não pode ser armazenado, em um tipo de manutenção como a supracitada, haveria a queima de um grande volume de gás produzido pelo campo de Carmópolis, praticamente todo, e por mais de um dia. Com isso, fica claro que a melhor maneira é agir preventivamente, para que uma situação deste tipo não ocorra.

Diante dos resultados obtidos com a adição do novo permutador e com a disponibilidade de outro equipamento igual, devido à desativação da UPGN, foi sugerida a instalação deste terceiro trocador de calor, buscando reduzir ainda mais o diferencial de temperatura da amina com o gás a ser tratado, para diminuir ainda mais a concentração dos gases ácidos e sua ação corrosiva no duto.

Entretanto não é somente a presença de H_2S que influencia na corrosão. A própria água presente no condensado também contribui para a ocorrência deste evento. Assim sendo, a injeção de inibidor de corrosão tem de ser acompanhada com mais zelo e quiçá de uma maneira mais eficiente.

Foi observado que há somente um ponto de injeção desse inibidor ao longo de todo o duto. Uma sugestão seria analisar a viabilidade de distribuir esta injeção ao longo do duto para que fosse mais uniforme, e se chegasse a um resultado mais mensurável da sua atuação na proteção da corrosão do modal e, conseqüente, postergar a necessidade de intervenção, com parada de produção.

5 CONCLUSÃO

No mundo globalizado e competitivo em que se vive atualmente, é condição *sine qua non* o melhoramento contínuo, seja qual for a área de atuação. O que importa é que se tem de fazer um padrão para ter a tarefa executada da melhor forma possível e sempre na busca de algo que traga um resultado acima do anterior.

Para isso, a ideia e o conceito de melhoria contínua têm que sempre estar presentes na mente do empreendedor. No entanto, não se pode deixar que o empirismo supere o conhecimento científico. O primeiro jamais deixará de existir, porém, tem de ser utilizado como ferramenta para a chegada da excelência do conhecimento científico.

Não se afirma aqui que os métodos são imutáveis, diz-se que são norteadores, que devem ser respeitados e que se, algum dia necessitarem de alterações (até utilizando a ideia de melhoria contínua), que estas sejam feitas com todo o rigor e seriedade que um padrão científico merece.

Foi com a ideia de comprovar a eficiência dos padrões científicos que este trabalho se desenvolveu, quando da utilização do método PDCA para a solução de problema. Destarte, utilizando sua metodologia, consegue-se, praticamente, anular dúvidas e nortear as ações a serem tomadas com muito mais segurança, em comparação a tomadas de decisões com bases puramente empíricas.

Durante o processo, foram coletados dados em períodos que pudessem garantir uma amostra expressiva da situação e ratificassem o cenário que foi descrito antes e depois de implantada a melhoria na unidade de produção, executando o tratamento destes, para torná-los mais representativos e montando gráficos de dispersão que comprovem a eficiência da melhoria.

Esta eficiência não teria sido possível, ou seria muito mais difícil de alcançar, se o método PDCA não fosse utilizado como se deve. A reunião com as partes envolvidas se mostrou deveras importante e ratifica a necessidade crescente que se observa quanto à multidisciplinaridade.

Por fim, a forma como se apresentaram os dados nos gráficos revela, em alto grau, a eficiência da melhoria implantada, que foi consequência de um trabalho justo de utilização do método PDCA.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 8. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert; AQUILANO Nicolas J. **Administração da produção e operações para vantagens competitivas**. Tradução Claudia Freire, Lucas Marcelo Yassumura, Monica Rosali Rosemberg. Revisão técnica Diógenes de Souza Bido. 11 ed. São Paulo: McGrawHill, 2006.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Luis Gustavo dos Santos. Reavaliação e Melhoria dos Processos de Beneficiamento de Não Tecidos com Base em Reclamações dos Clientes. **Revista produção on line**, Florianópolis, v. 6, n.2, ago. 2006. Disponível em: <<http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/290>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

GUINATO, Paulo. **Sistema Toyota de produção**: mais do que simplesmente *just-in-time*. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

JAMBO, Hermano Cezar Medaber; FÓFANO, Sócrates. **Corrosão**: Fundamentos, Monitoração e Controle. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2008.

KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração de produção e operações**. Tradução Mirian Santos Ribeiro de Oliveira. Revisão técnica André Luís de Castro Moura Duarte e Susana Carla Farias Pereira. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MAGRI, Juliana Maria. **Aplicação do Método QFD no Setor de Serviços: Estudo de Caso em um Restaurante**. , Minas Gerais: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2009/08/tcc_jul2009_-juliana-magri.pdf>, Acessado em: 17 dez. 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico**: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Peiro. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MONTGOMERY, Douglas C.. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Tradução Ana Maria Lima de Farias e Vera Regina Lima de Farias e Flores. Revisão técnica Luiz da Costa Laurencel. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MORAIS, Flávio Roberto Santos de. **Ferramentas da qualidade no processo de gerenciamento de perdas em uma empresa de varejo**. Aracaju: FANESE – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, 2011.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

NAGEL, Ernest. Ciência: natureza e objetivo. In **Filosofia da ciência** MORGENSESSER, Sidney (org). São Paulo: Cultrix, 1967. p. 12-24.

NUNES, Laerce de Paula. **Fundamentos de resistência à corrosão**. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEREIRA, Carolina Braga. et al. Análise da Aplicação do Ciclo PDCA de Melhoria no Processo de Produção de Ferro Gusa de uma Usina Siderúrgica. **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, 2009. 1 CD ROM.

ROTONDARO, Roberto Gilioli. **Seis sigma**: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

RUIZ, João Álvaro. **Metodologia científica**: guia para eficiência nos estudos. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução Eduardo Schaan. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

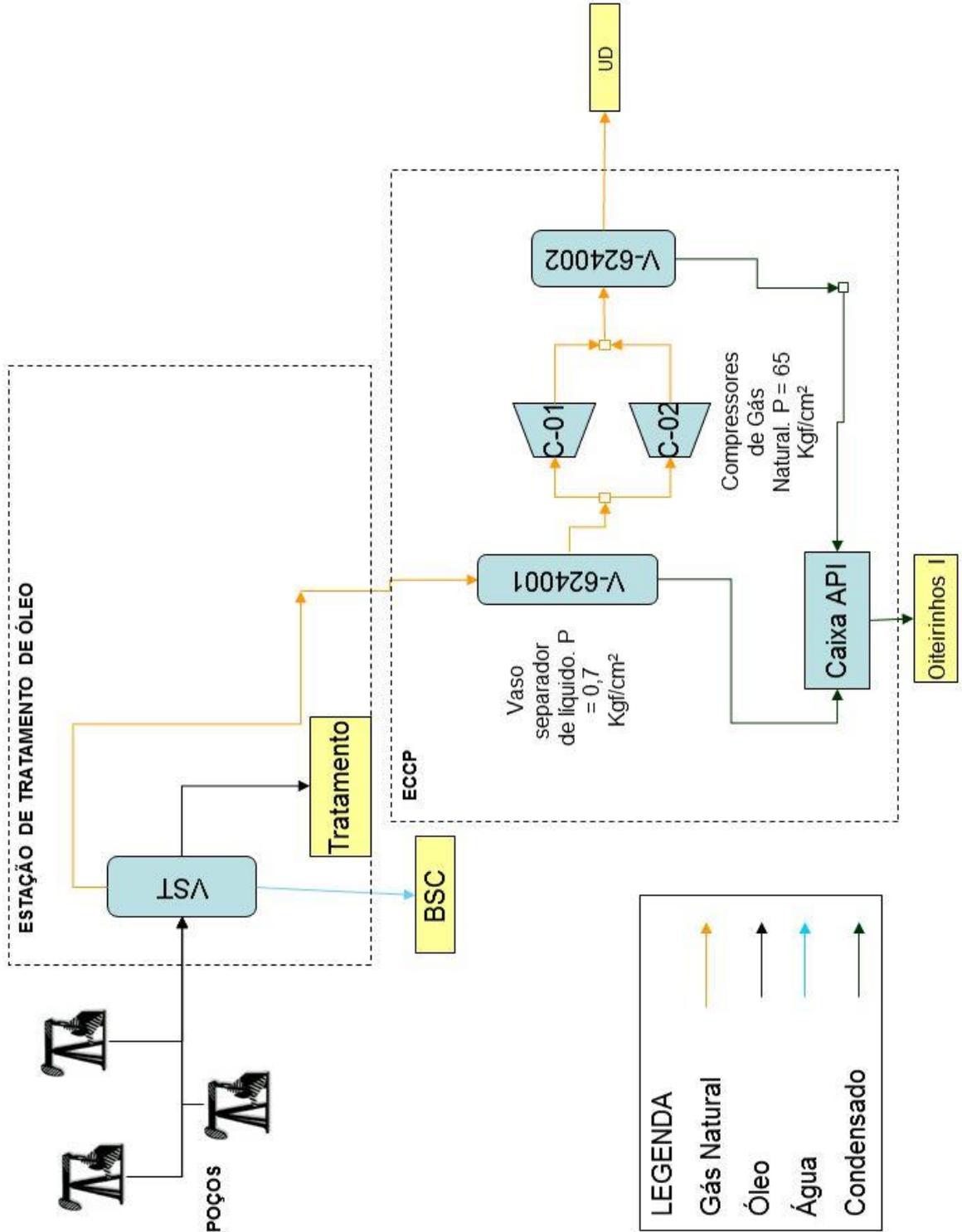
SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JHONSTON, Robert. **Administração da produção**. Tradução Henrique Luiz Corrêa. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

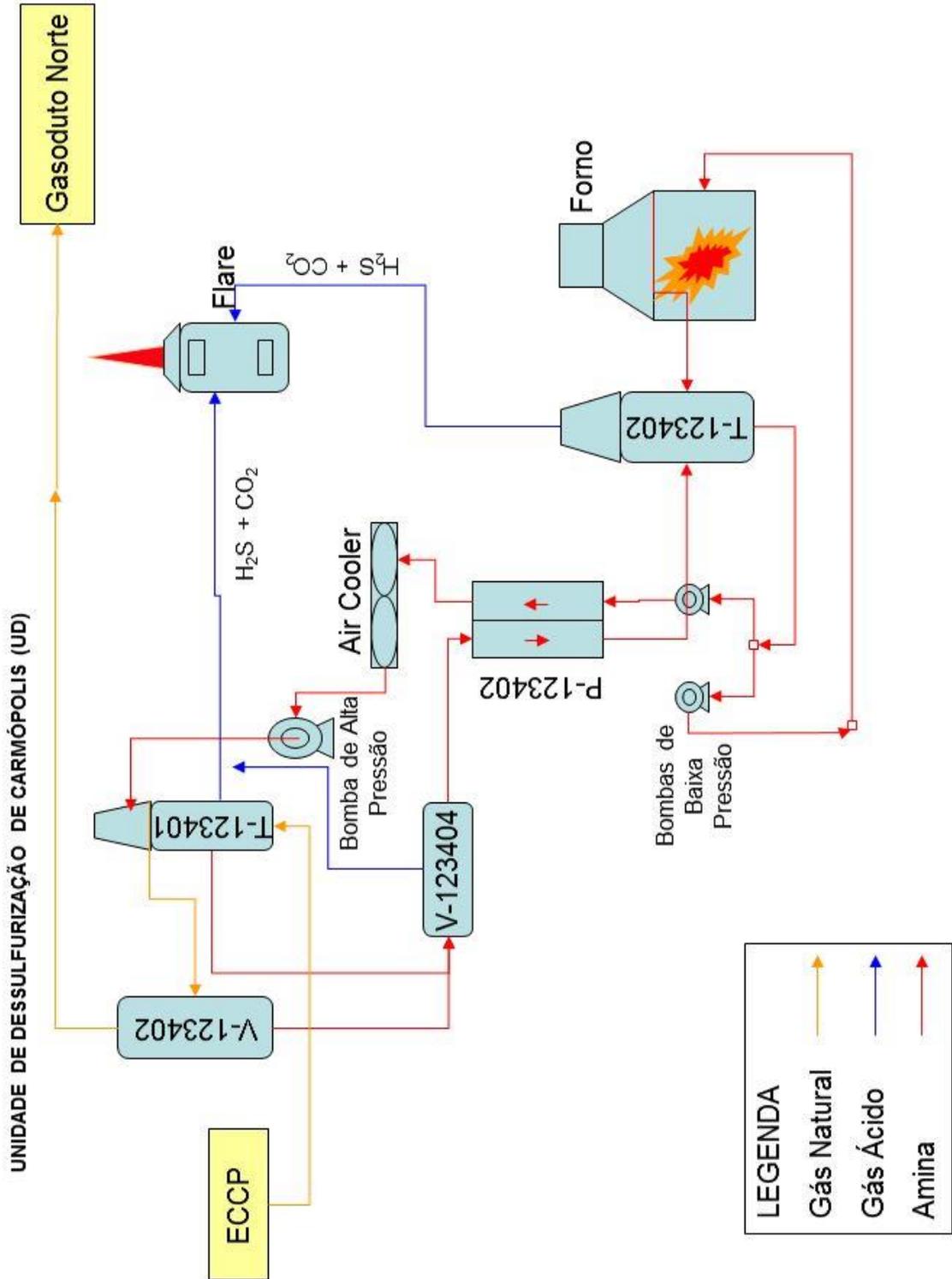
VERAS, Carlos Magno dos Anjos. Gestão da qualidade. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão**, São Luis, 2009. Disponível em: <http://www.ifma.edu.br/proen/arquivos/artigos.php/gestao_da_qualidade.pdf>. Acessado em: 05 ago. 2013.

ANEXOS

ANEXO A: Fluxograma de ECCP



ANEXO B: Fluxograma da UD



ANEXO C: Resolução ANP Nº16, de 17/06/2008 – DOU 18/06/2008

06/11/13

xt.anp.gov.br/xt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2008/junho/ranp_16_-_2008.xml

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS

RESOLUÇÃO ANP Nº 16, DE 17.6.2008 - DOU 18.6.2008

O DIRETOR-GERAL da AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP, no uso de suas atribuições, tendo em vista o disposto nos incisos I e XVIII, do art. 8º, da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, alterada pela Lei nº [11.097](#), de 13 de janeiro 2005 e com base na Resolução de Diretoria nº 404, de 11 de junho de 2008,

Considerando a atribuição legal da ANP de estabelecer ações que contribuam para a proteção dos interesses dos consumidores quanto a preço, qualidade e oferta de produtos;

Considerando que cabe à ANP estabelecer as especificações dos derivados de petróleo, do gás natural e seus derivados e dos biocombustíveis;

Considerando a existência de recursos energéticos no País distribuídos mediante autorização temporária;

Considerando a Resolução nº 4 de 21 de novembro de 2006 do Conselho Nacional de Política Energética estabelecendo diretrizes recomendações para a importação de gás natural liquefeito de forma garantir suprimento confiável, seguro e diversificado de gás natural visando a garantia do abastecimento;

Considerando que a introdução do gás natural liquefeito demanda a necessidade de revisão da especificação; e

Considerando que o conceito de intercambiabilidade já vem sendo utilizado em vários países, por garantir a operacionalidade das aplicações de gás natural de forma segura, Resolve:

Art. 1º Fica estabelecida no Regulamento Técnico ANP parte integrante desta Resolução, a especificação do gás natural, nacional ou importado, a ser comercializado em todo o território nacional.

Art. 2º Empresas ou consórcios de empresas que exerçam as atividades de comercialização e transporte de gás natural no País, isto é, carregadores e transportadores bem como as empresas distribuidoras deverão observar o disposto no Regulamento Técnico em anexo.

Parágrafo único. A comercialização e o transporte de gás natural de especificações diversas daquela indicada pelo Regulamento Técnico em anexo são permitidos, desde que respeitadas as condições de entrega acordadas entre todas as partes envolvidas e os limites de emissão de poluentes fixados pelo órgão ambiental ao qual caiba tal atribuição.

Art. 3º Para os fins desta Resolução, ficam estabelecidas as seguintes definições:

I – Carregador: pessoa jurídica que contrata o transportador para o serviço de transporte de gás natural especificado;

II – Transportador: pessoa jurídica autorizada pela ANP a operar as instalações de transporte;

III – Gás Natural Processado: é o gás natural nacional ou importado que, após processamento, atende à especificação do Regulamento Técnico ANP parte integrante desta Resolução;

IV – Gás Natural Liquefeito: é o gás natural no estado líquido obtido mediante processo de criogenia a que foi submetido e armazenado em pressões próximas à atmosférica;

V – Instalações de Transporte: dutos de transporte de gás natural, suas estações de compressão ou de redução de pressão, bem como as instalações de armazenagem necessárias para a operação do sistema;

VI – Ponto de Recepção: ponto no qual o gás natural especificado é entregue pelo carregador ou quem este autorize ao transportador;

VII – Ponto de Entrega: ponto no qual o gás natural especificado é entregue pelo transportador ao carregador ou quem este autorize;

Art. 4º A presente Resolução aplica-se ao gás natural a ser utilizado como combustível para fins industriais, residenciais, comerciais, automotivos e de geração de energia.

Parágrafo único. Para utilização como matéria-prima em processos químicos, a qualidade deverá ser objeto de acordo entre as partes.

Art. 5º O carregador fica obrigado a realizar as análises do gás natural nos pontos de recepção, no intervalo máximo de 24 horas, a partir do primeiro fornecimento e encaminhar o resultado ao transportador por meio de Certificado da Qualidade, o qual deverá conter o resultado da análise de todas as características, os limites da especificação e os métodos empregados, comprovando que o produto atende à especificação constante do Regulamento Técnico.

§ 1º O Certificado da Qualidade deverá ser firmado pelo químico responsável pelas análises laboratoriais efetuadas, com indicação legível de seu nome e número de inscrição no respectivo órgão de classe.

§ 2º No caso de cópia emitida eletronicamente, deverão estar indicados, na cópia, o nome e o número da inscrição no órgão de classe do químico pelas análises laboratoriais efetuadas.

§ 3º O carregador deverá enviar à ANP, até o 15º (décimo quinto) dia do mês subsequente àquele a que se referirem os dados enviados, um sumário estatístico dos Certificados da Qualidade, em formato eletrônico, seguindo o modelo disponível no site da ANP, para o endereço eletrônico carregadorgn@anp.gov.br.

Art. 6º O transportador fica obrigado a realizar a análise do produto e a emitir o Boletim de Conformidade com os resultados da análise e os limites da especificação das seguintes características: poder calorífico superior; índice de Wobbe; teores de metano, etano, propano, butano e mais pesados; inertes (N₂+CO₂); dióxido de carbono e oxigênio; nos seguintes pontos:

I – em todos os pontos de recepção após a homogeneização da mistura entre o gás entrante e o gás passante no intervalo máximo de 24 horas a partir do primeiro recebimento;

II – em todos os pontos de entrega com incidência de inversão de fluxo no duto de transporte e vazão superior a 400 mil m³/d no intervalo máximo de 24 horas a partir da primeira entrega.

§ 1º Nos pontos de recepção, em caso de inexistência de mistura de produtos distintos, o transportador poderá não realizar a análise, no entanto, deverá preencher o Boletim de Conformidade com os dados enviados pelo carregador, constando no Certificado da Qualidade, tomando-se responsável pelos dados da qualidade informados.

§ 2º O transportador deverá encaminhar ao carregador, a cada intervalo de até 24 horas, cópia do Boletim de Conformidade, comprovando a qualidade do gás, firmado pelo químico responsável pelas análises laboratoriais efetuadas, com indicação legível de seu nome e número de inscrição no órgão de classe.

§ 3º No caso de cópia emitida eletronicamente, deverão estar indicados, na cópia, o nome e o número da inscrição no órgão de classe do químico pelas análises laboratoriais efetuadas.

§ 4º O transportador, se solicitado pelo distribuidor a que estiver ligado por ponto de entrega comum, deverá disponibilizar cópia do respectivo Boletim de Conformidade a cada intervalo de até 24 horas.

Art. 7º Para efeito de identificação de carregador, transportador, ponto de recepção e instalação de análise, em atendimento ao disposto nos arts. 5º e 6º, deverão ser utilizados os códigos que permanecerão atualizados na página da ANP no endereço eletrônico www.anp.gov.br.

Art. 8º A ANP poderá, a qualquer tempo, submeter os agentes responsáveis pela emissão do Certificado da Qualidade e do Boletim de Conformidade a auditoria de qualidade, a ser executada por entidades credenciadas pelo INMETRO, sobre procedimentos e equipamentos de medição que tenham impacto sobre a qualidade e a confiabilidade dos serviços de que trata esta Resolução e seu Regulamento Técnico.

Art. 9º O carregador e o transportador deverão manter sob sua guarda os Certificados da Qualidade e os Boletins de Conformidade, respectivamente, pelo prazo mínimo 12 (doze) meses a contar da data de emissão, e torná-los disponíveis à ANP sempre que solicitados.

Art. 10. A odoração do gás natural deverá ser realizada no transporte de acordo com as exigências previstas durante o processo de licenciamento ambiental.

Art. 11. O gás natural deverá ser odorado na distribuição, atendendo às exigências específicas de cada agência reguladora estadual.

Parágrafo único. A dispensa de odoração do gás natural em dutos de distribuição cujo destino não recomende a utilização de odorante e passe somente por área não urbanizada deve ser solicitada ao órgão estadual competente para sua análise e autorização.

Art. 12. Os agentes mencionados pelo art. 2º disporão do prazo de 240 dias para atender aos limites de especificação constantes do Regulamento Técnico em anexo, período no qual, em todo o caso, observarão, no mínimo, as especificações já constantes da Portaria ANP nº [104](#), de 8 de julho de 2002.

Art. 13. O não atendimento ao disposto nesta Resolução sujeita o infrator às sanções administrativas previstas na Lei nº [9.847](#) de 26 de outubro de 1999, alterada pela Lei nº [11.097](#), de 13 de janeiro de 2005, e no Decreto nº [2.953](#), de 28 de janeiro de 1999, sem prejuízo das penalidades de natureza civil e penal.

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 15. Revoga-se a Portaria ANP nº [104](#) de 8 de julho de 2002, observados os termos do art. 12 desta Resolução.

HAROLDO BORGES RODRIGUES LIMA

REGULAMENTO TÉCNICO ANP Nº 2/2008

1. Objetivo Este Regulamento Técnico aplica-se ao gás natural processado, de origem nacional ou importado, a ser comercializado em todo o território nacional.

xt.anp.gov.br/xt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2008/junho/ranp_16_-_2008.xml

06/11/13

nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2008/junho/ranp 16 - 2008.xml

1.1. Nota explicativa O gás natural objeto desta especificação permanece no estado gasoso sob condições de temperatura e pressão ambientes. É produzido a partir de gás extraído de reservatório, consistindo de uma mistura de hidrocarbonetos, que contém principalmente metano, etano, propano e, e em menores quantidades hidrocarbonetos superiores, podendo ainda apresentar componentes inertes do ponto de vista da aplicação, tais como nitrogênio e dióxido de carbono, bem como traços de outros constituintes.

O gás natural deve apresentar concentrações limitadas de componentes potencialmente corrosivos de modo que a segurança e a integridade dos equipamentos sejam preservadas. Esses componentes são sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono e água.

2. Sistema de Unidades O sistema de unidades a ser empregado no Regulamento Técnico é o SI de acordo com a norma brasileira NBR/ISO 1000.

Desta forma, a unidade de energia é o J, e seus múltiplos, ou o kWh, a unidade de pressão é o Pa e seus múltiplos e a unidade de temperatura o K (Kelvin) ou o °C (grau Celsius).

3. Condição de referência A condição de temperatura, pressão e umidade de referência requerida para o cálculo das características de poder calorífico e de índice de Wobbe especificadas neste Regulamento Técnico são 293,15K e 101,325kPa e base seca.

4. Normas Aplicáveis A determinação das características do produto far-se-á mediante o emprego de normas da American Society for Testing and Materials (ASTM), da International Organization for Standardization (ISO) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Os dados de incerteza, repetitividade e reprodutibilidade, fornecidos nos métodos relacionados neste Regulamento, devem ser usados somente como guia para aceitação das determinações em duplicata de ensaio e não devem ser considerados como tolerância aplicada aos limites especificados.

A análise do produto deverá ser realizada em amostra representativa do mesmo obtido segundo método ISO 10715 – Natural Gas: Sampling Guidelines.

As características incluídas no Quadro

I – Tabela de especificação do Gás Natural – deverão ser determinadas de acordo com a publicação mais recente dos seguintes métodos de ensaio:

4.1 Normas ABNT

MÉTODO	TÍTULO
NBR/ISO 1000	Unidades SI e recomendações para o uso dos seus múltiplos e de algumas outras unidades
NBR 14903	Gás natural – Determinação da composição por cromatografia gasosa
NBR 15213	Cálculo do poder calorífico, densidade, densidade relativa e índice de Wobbe de combustíveis gasosos a partir da composição

4.2 Normas ASTM

MÉTODO	TÍTULO
ASTM D 1945	STM for analysis of natural gas by gas chromatography
ASTM D 3588	Standard practice for calculating heat value, compressibility factor, and relative density (specific gravity) of gaseous fuels
ASTM D 5454	STM for water vapor content of gaseous fuels using electronic moisture analyzers
ASTM D 5504	STM for determination of sulfur compounds in natural gas and gaseous fuels by gas chromatography and chemiluminescence
ASTM D 6228	STM for determination of sulfur compounds in natural gas and gaseous fuels by gas chromatography and flame photometric detection

4.3 Normas ISO

MÉTODO	TÍTULO
ISO 6326-1	Natural gas – Determination of sulfur compounds, Part 1: General introduction
ISO 6326-3	Natural gas – Determination of sulfur compounds, Part 3: Determination of hydrogen sulfide, mercaptan sulfur and carbonyl sulfide sulfur by potentiometry
ISO 6326-5	Natural gas – Determination of sulfur compounds, Part 5: Lingener combustion method
ISO 6327	Gas analysis – Determination of water dew point of natural gas – Cooled surface condensation hygrometers
ISO 6570	Natural gas – Determination of Potential Hydrocarbon Liquid Content
ISO 6974-1	Natural gas – Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography, Part 1: Guidelines for tailored analysis
ISO 6974-3	Natural gas – Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography, Part 3: Determination of hydrogen, helium, oxygen, nitrogen, carbon dioxide, and hydrocarbons up to C8 using two packed columns
ISO 6974-5	Natural gas – Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography, Part 5: Determination of nitrogen, carbon dioxide and C1 to C5 and C6+ hydrocarbons for a laboratory and on-line measuring system using three columns
ISO 6974-6	Natural gas – Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography, Part 6: Determination of hydrogen, helium, oxygen, nitrogen, carbon dioxide and C1 to C8 hydrocarbons using three capillary columns
ISO 6975	Natural gas – Extended analysis – Gas chromatographic method
ISO 6976	Natural gas – Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition
ISO 6978-1	Natural gas – Determination of mercury, Part 1: Sampling of mercury by chemisorption on iodine
ISO 6978-2	Natural gas – Determination of mercury, Part 2: Sampling of mercury by amalgamation on gold/platinum alloy
ISO 10101-1	Natural gas – Determination of water by the Karl Fischer method – Part 1: Introduction
ISO 10101-2	Natural gas – Determination of water by the Karl Fischer method – Part 2: Titration procedure
ISO 10101-3	Natural gas – Determination of water by the Karl Fischer method – Part 3: Coulometric procedure
ISO 10715	Natural gas – Sampling Guidelines
ISO 11541	Natural gas – Determination of water content at high pressure
ISO 13686	Natural gas – Quality Designation
ISO 15403	Natural gas – Designation of the quality of natural gas for use as a compressed fuel for vehicles, Part 1 to 2.
ISO 18453	Natural gas – Correlation between water content and water dew point
ISO 19739	Natural gas – Determination of sulfur compounds using gas chromatography
ISO 23874	Natural gas – Gas chromatographic requirements for hydrocarbon dewpoint calculation

Quadro I: Tabela de especificação do Gás Natural (1)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE (2) (3)			MÉTODO
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste, Sudeste e Sul	
Poder calorífico superior (4)	kJ/ m ³	34.000 a 38.400	35.000 a 43.000		NBR 15213 ASTM D 3588 ISO 6976

06/11/13

nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2008junho/ranp 16 - 2008.xml

	kWh/m ³	9,47 a 10,67	9,72 a 11,94				
Índice de Wobbe (5)	kJ/m ³	40.500 a 45.000	46.500 a 53.500		15213	–	6976
Número de metano, mín. (6)		anotar (3)	65		–	–	15403
Metano, mín.	% mol.	68,0	85,0		14903	1945	6974
Etano, máx.	% mol.	12,0	12,0		14903	1945	6974
Propano, máx.	% mol.	3,0	6,0		14903	1945	6974
Butanos e mais pesados, máx.	% mol.	1,5	3,0		14903	1945	6974
Oxigênio, máx. (7)	% mol.	0,8	0,5		14903	1945	6974
Inertes (N ₂ +CO ₂), máx.	% mol.	18,0	8,0	6,0	14903	1945	6974
CO ₂ , máx.	% mol.	3,0			14903	1945	6974
Enxofre Total, máx. (8)	mg/m ³	70			–	5504	6326-3
							6326-5
							19739
Gás Sulfídico (H ₂ S), máx.	mg/m ³	10	13	10	–	5504	6326-3
							6228
Ponto de orvalho de água a 1atm, máx. (9)	°C	-39	-39	-45	–	5454	6327
							10101-2
							10101-3
							11541
Ponto de orvalho de hidrocarbonetos a 4,5 MPa, máx. (10)	°C	15	15	0	–	–	6570
Mercurio, máx. (11)	µg/m ³	anotar			–	–	6978-1
							6978-2

Observações:

- (1) O gás natural não deve conter traços visíveis de partículas sólidas ou líquidas.
- (2) Os limites especificados são valores referidos a 293,15K (20°C) e 101,325kPa (1atm) em base seca, exceto os pontos de orvalho de hidrocarbonetos e de água.
- (3) A aplicação veicular do gás natural de Urucu se destina exclusivamente a veículos dotados de motores ou sistemas de conversão de gás natural veicular que atendam à legislação ambiental específica. O revendedor deverá afixar em local visível de seu estabelecimento comercial o seguinte aviso: "GÁS NATURAL VEICULAR DE URUCU - EXCLUSIVO PARA VEÍCULOS ADAPTADOS AO SEU USO".
- (Nota)**
- (4) O poder calorífico de referência de substância pura empregado neste Regulamento Técnico encontra-se sob condições de temperatura e pressão equivalentes a 293,15K, 101,325 kPa, respectivamente em base seca.
- (5) O índice de Wobbe é calculado empregando o poder calorífico superior em base seca. Quando o método ASTM D 3588 for aplicado para a obtenção do poder calorífico superior, o índice de Wobbe deverá ser determinado de acordo com a seguinte fórmula:

$$IW = \frac{PCS}{\sqrt{d}}$$

onde: IW – índice de Wobbe
 PCS – poder calorífico superior
 d) densidade relativa

- (6) O número de metano deverá ser calculado de acordo com a última versão da norma ISO 15403-1. Na versão ISO 15403-1:2006(E), considera-se o método GRI do Anexo D. Calcula-se inicialmente o Número de Octano Motor – MON a partir da equação linear empírica, função da composição dos componentes discriminados. Em seguida com o valor determinado para o MON calcula-se o número de metano ou NM a partir da correlação linear entre NM e MON. Tais equações vêm descritas abaixo:

$$MON = (137,78x \text{ metano}) + (29,948x \text{ etano}) + (-18,193x \text{ propano}) + (-167,062x \text{ butano}) + (181,233x \text{ CO}_2) + (26,994x \text{ N}_2)$$

onde x é a fração molar dos componentes metano, etano, propano, butano, CO₂ e N₂.
 NM = 1,445 x (MON) – 103,42

- (7) Caso seja usado o método da norma ISO 6974, parte 5, o resultado da característica teor de oxigênio deverá ser preenchido com um traço (-).
- (8) É o somatório dos compostos de enxofre presentes no gás natural. Admite-se o limite máximo de 150 mg/m³ para o gás a ser introduzido no início da operação de redes novas ou então a trechos que em razão de manutenção venham a apresentar rápido decaimento no teor de odorante no início da retomada da operação.
- (9) Caso a determinação seja em teor de água, a mesma deve ser convertida para (°C) conforme correlação da ISO 18453. Quando os pontos de recepção e de entrega estiverem em regiões distintas, observar o valor mais crítico dessa característica na especificação.
- (10) Pode-se dispensar a determinação do ponto de orvalho de hidrocarbonetos – POH quando os teores de propano e de butanos e mais pesados forem ambos inferiores a 3 e 1,5 por cento molares respectivamente de acordo com o método NBR 14903 ou equivalente. Anotar nesse caso 'passa' no referido campo. Se um dos limites for superado, analisar o gás natural por cromatografia estendida para calcular o ponto de temperatura cricondentherm – PTC (definida como a máxima temperatura do envelope de fases) por meio de equações de estado conforme o método ISO 23874. Caso o PTC seja inferior ao POH especificado em mais que 5°C, reportar o POH como sendo esse valor. Quando o PTC não atender a esse requisito, determinar o POH pelo método ISO 6570. O POH corresponde à acumulação de condensado de 10 miligramas por metro cúbico de gás admitido ao ensaio. Quando os pontos de recepção e entrega estiverem em regiões distintas, observar o valor mais crítico dessa característica na especificação.
- (11) Aplicável ao gás natural importado exceto o gás natural liquefeito, determinado semestralmente. O carregador deverá disponibilizar o resultado para o distribuidor sempre que solicitado.

 imprimir
 Este texto não substitui o publicado no Diário Oficial da União