



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS
DE SERGIPE – FANESSE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

RAIMUNDO CORREIA DANTAS NETO

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO
DE GÁS**

Aracaju – Sergipe

2011.2

RAIMUNDO CORREIA DANTAS NETO

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO
DE GÁS**

Monografia apresentada à banca examinadora da faculdade de Administração e Negócios de Sergipe - FANESE e à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

**Orientador: Prof. Dr. João Vicente
Santiago Nascimento**

**Coordenador: Prof. Dr. Jeferson Arlen
Freitas**

Aracaju - SE

2011.2

RAIMUNDO CORREIA DANTAS NETO

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO
DE GÁS**

**Monografia apresentada à Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
– FANESE, como requisito obrigatório para obtenção do grau de bacharel em
Engenharia de Produção, no período 2011.2**

Prof. Dr. João Vicente Santiago do Nascimento

Orientador

Prof.

1º Examinador

Prof.

2º Examinador

Aprovado (a) com média: _____

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2011.

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por nos dar a vida e nos proteger, a meus pais, Raimundo Correia Dantas Filho e Maria de Fátima Souza Dantas, por me apoiarem sempre, assim como meus irmãos, a minha noiva por estar sempre ao meu lado me ajudando no que for preciso, a minha sobrinha Raquel por me dar alegria a todo o momento e ao apoio recebido por meu orientador o professor João Vicente.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo geral verificar o acompanhamento e o controle diário da produção de gás da estação coletora de Mato Grosso, localizado no município de Maruim, em Sergipe, através das variáveis de processo e seus medidores que informam a quantidade de gás produzida, a quantidade dispersada, a quantidade de gás transferida, e o motivo da ocorrência dessa dispersão, por meio do Controle Estatístico de Processo (CEP). O propósito desse controle diário é tornar o processo de produção com a mínima oscilação de vazão de gás transferido, obedecendo a um padrão de operação, o Sistema Integrado de Padronização Eletrônica da Petrobras (SINPEP), evitando ao máximo a perda e maximizando o ganho produtivo com essa fonte energética, obedecendo às normas exigidas do órgão regulamentador de exploração e produção de petróleo no país, a Agência Nacional de Petróleo (ANP). A partir do monitoramento e coleta de dados, verificou-se que o processo produtivo de gás na estação apresentou perdas de controle, devido à ocorrência de causas especiais de variação ficando fora das especificações desejadas, revelando a importância em se fazer controle do processo produtivo.

Palavras-chave: Controle Estatístico do Processo, Produção de gás e Processamento Primário.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Localização do campo de Mato Grosso	12
Figura 02- Produção de gás mensal	13
Figura 03- Causas comuns e especiais de variação	19
Figura 04- Gráfico de controle das médias	21
Figura 05- Cartas para médias	21
Figura 06- Pontos fora de controle	22
Figura 07- Sete pontos seguidos acima da linha central.....	22
Figura 08- Sete pontos seguidos abaixo da linha central.....	23
Figura 09- Tendência	23
Figura 10- Diagrama de causa e efeito	26
Figura 11- Fluxograma da estação de Mato Grosso	31
Figura 12- Manifold	32
Figura 13- Vasos separadores bifásicos	33
Figura 14- Tanques de armazenamento de petróleo	33
Figura 15- Diagrama de causa e efeito do processo de gás da estação de Mato Grosso, referente à sua dispersão	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 01-Padrões do controle de processo da estação Mato Grosso.....	29
--	-----------

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01- Carta de controle do gás em março.....	35
Gráfico 02- Carta de controle do gás em abril.....	36
Gráfico 03- Carta de controle do gás em maio	37
Gráfico 04- Dispersão do gás na estação de Mato Grosso	40

SUMÁRIO

RESUMO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Caracterização do campo de exploração e produção de Mato Grosso.....	11
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Justificativa.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Introdução ao Controle de processo.....	15
2.2 Variáveis de processo existentes na Estação de Mato Grosso	15
2.3 Controle estatístico de processo.....	17
2.4 Cartas de controle.....	19
2.5 Condições para perda de controle	21
2.6 Capacidade de processo	23
2.7 Diagrama de causa e efeito	25
3 METODOLOGIA	27
3.1 Introdução.....	27
3.2 Método de análise do controle do processo de gás na estação de Mato Grosso.....	27
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	30
4.1 Introdução.....	30
4.2 Caracterização do processamento primário de petróleo da estação de Mato Grosso.....	30
4.3 Avaliação e controle da produção	34
4.4 Análise relacionada à capacidade de processo	38
4.5 Avaliação da perda de gás	38
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS.....	42
APÊDICES	44
APÊNDICE A	45
APÊNDICE B	46
APÊNDICE C	47

1 INTRODUÇÃO

O petróleo é uma fonte esgotável de energia pela qual sua produção acarreta em uma grande variedade de produtos, não só através de seus derivados, mas também em insumos para indústria petroquímica. Para sua obtenção é necessária à acumulação de matéria orgânica em bacias sedimentares em condições termoquímicas apropriadas.

O petróleo é formado em uma rocha denominada geradora, para depois deslocar-se a uma rocha reservatório onde este irá acumular-se. Para que haja esse acúmulo, é necessário que a rocha possua certa porosidade para que o petróleo possa deslocar-se por ela até atingir uma rocha selante proporcionando o acúmulo do petróleo na rocha. Nesse contexto, o estudo da prospecção faz análise de dados geofísicos e geológicos para o prognóstico do comportamento das diversas camadas do subsolo onde possa existir uma reserva petrolífera.

Caso haja a existência de petróleo, outra etapa é seguida, a perfuração, cujo objetivo é a confirmação da existência ou não de petróleo, que consiste na perfuração da rocha através do mecanismo de rotação em uma sonda de perfuração. Encontrada a reserva, é feito um estudo de avaliação de formação para saber se a jazida é ou não viável economicamente.

A próxima etapa é a completação do poço pela qual é feito o contato entre o reservatório de petróleo e a superfície, culminando na produção da jazida propriamente dita. Este processo consiste em equipar o poço para produzir óleo, gás ou ainda injetar fluidos no reservatório. Do poço, a produção de petróleo chega às estações de processamento primário que separam o óleo bruto, gás, água e sedimentos, através de separadores bifásicos - separam o gás da emulsão (água+óleo); e os trifásicos - separam as três fases água, óleo e gás. Processado o petróleo, o óleo é transportado às refinarias onde são retiradas suas frações por meio de uma coluna de destilação fracionada para consumação no mercado.

Para poder atingir os objetivos da cadeia produtiva no segmento de petróleo e gás, é necessário cumprir todas as metas planejadas pela empresa. Porém em todo processo produtivo, nas indústrias de um modo geral, há problemas em produzir de acordo com especificado pelo cliente, isso acontece porque há variações no processo produtivo. Alguns dos exemplos dos tipos de variações que podem ocorrer no processo são: pressão, temperatura, velocidade, e vazão. A

questão está no fato de quanto essa variação pode ser permitida para que o produto continue consistente com os requisitos. Então, o objetivo do controle de processo, é manter as variáveis de processo dentro dos limites de tolerância admissíveis.

No processo de controle, existem várias áreas de aplicação, dentre elas estão: 1 - o controle de recebimento de matérias - consiste na compra e estocagem de matérias nos níveis econômicos adequados para produzir dentro dos padrões estabelecidos; 2 - o controle de processo - refere-se aos procedimentos adotados para avaliar, manter e melhorar os padrões nos diversos estágios de fabricação; e 3 - o controle de produto - avalia a qualidade do produto final, analisa os dados obtidos no campo e retorna as informações para o processo de produção.

1.1 Caracterização do campo de exploração e produção de Mato Grosso

A Petrobras S.A consiste em uma empresa estatal brasileira, de economia mista, fundada em 3 de outubro de 1953. Atualmente opera em 27 países, no segmento de energia, prioritariamente nas áreas de exploração, produção, refino, comercialização e transporte de petróleo e seus derivados no Brasil e exterior, sendo esta dividida em áreas de negócios.

O campo de exploração e produção de Mato Grosso pertence à Unidade de Negócios de Sergipe e Alagoas (UO-SEAL) está localizado no, Ativo Produção Sergipe Terra (ATP-ST), cuja área abrange o município de Maruim, sendo sua produção iniciada na década de 90, de acordo com a Figura 1.

Figura 1: Localização do campo de Mato Grosso

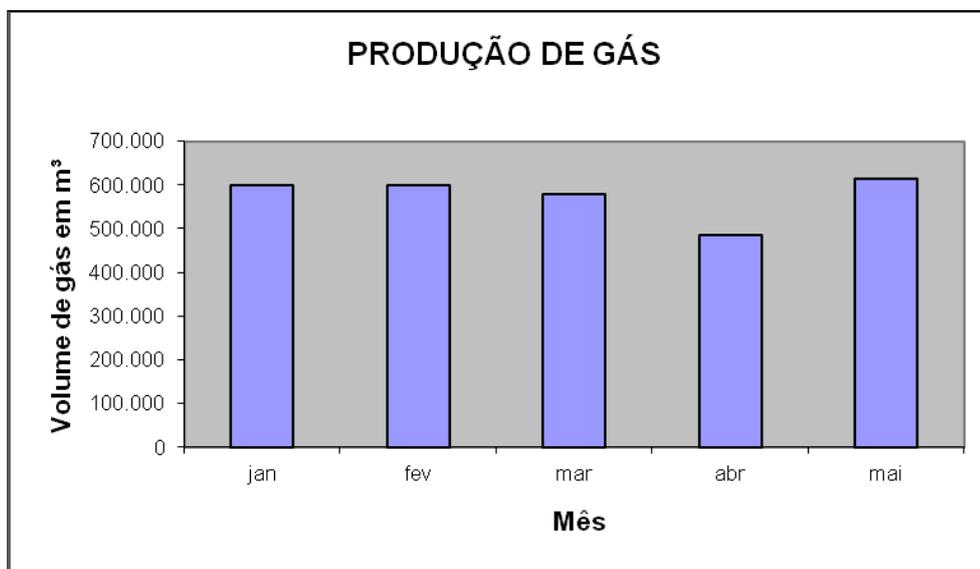


(Fonte: FARIA, 2009)

Atualmente, o campo de Mato Grosso conta com 40 poços produtores de petróleo, sendo que alguns poços são injetores de água. Posteriormente, serão ampliados para uma maior produção deste campo. Tal campo produz uma quantidade considerável de gás que é aproveitado na compressão para outro campo do mesmo ativo, Ativo de Produção Sergipe Terra (ATP-ST), localizado no campo de Siririzinho I, servindo de combustível para os geradores de vapor que atuam na recuperação secundária.

A Figura 2 mostra a produção global de gás, da Estação de Mato Grosso, nos 5 primeiros meses de 2011, com uma vazão em volume em torno de 600.000 m³/mês.

Figura 2: Produção de gás mensal



(Fonte: PETROBRAS, 2011)

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Verificar o controle da produção de gás proveniente da estação de Mato Grosso, localizada na cidade de Maruim.

1.2.2 Objetivo específico

Monitorar a vazão em volume de gás da estação de Mato Grosso para área de Siririzinho I.

Avaliar o controle do sistema de gás da estação de Mato Grosso.

Estimar o índice de ocorrência dos problemas no processo produtivo de gás na estação de Mato Grosso.

1.3 Justificativa

Na indústria de petróleo, assim como em qualquer indústria é de extrema importância que, no processo produtivo, ocorra o controle permanente das variáveis

de processo envolvidas e que sejam seguidos os padrões recomendados pela empresa, pois é imprescindível manter o processo com a mínima oscilação, não ocasionando o desperdício do produto desejado.

Com isso, a verificação e avaliação das variáveis do sistema produtivo têm sua importância, a partir da coleta de informações, pelas quais é realizada a sua análise para identificação de uma possível não conformidade no processo produtivo, e posterior tomada de decisão. No caso do referido trabalho, o problema está direcionado no desperdício do gás proveniente da estação de Mato Grosso e suas implicações, no que diz respeito ao desperdício de energia e ao cumprimento das normas da Agência Nacional de Petróleo (ANP).

Sendo assim, o propósito deste trabalho é apresentar a importância de monitorar e controlar o processo produtivo, a fim de identificar as principais causas de não conformidades, e assim, possibilitar ações de correção para solucioná-las e manter o produto de acordo com os padrões de especificação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Introdução ao controle de processo

Segundo Moreira (2011, p. 262), o controle de processo tem especial interesse em controlar o plano de produção pelo qual são feitas comparações entre os trabalhos programados e os realizados. O plano de produção dita o que vai se fazer, quais produtos e quanto de cada um deles serão feitos. Controlar a produção é uma atividade marcadamente operacional que encerra um ciclo do planejamento. Seu propósito é garantir que os processos produtivos ocorram de maneira eficaz e eficiente para produzir um produto final de acordo com o preterido pelo cliente. O controle lida com variações do processo e faz ajustes que permitem a operação atingir os objetivos estabelecidos pelo plano de produção.

Uma variável de processo é entendida como uma grandeza presente no processo, passível de assumir diversos valores, Palmer (1974, p. 15). No controle do processo é exercido um controle para manter os valores de certa variável dentro dos limites considerados aceitáveis, “tolerância”, expressos por meio de especificações do produto. Palmer (1974, p. 17), expõe que as especificações são proposições que definem a qualidade preterida do produto, determinando padrões a serem seguidos para atingir esse propósito.

2.2 Variáveis de processo existentes na Estação de Mato Grosso

Como parte introdutória será explicado como um fluido se comporta em seu escoamento, já que o objeto de estudo será o fluxo do gás em uma estação de processamento primário, e também posteriormente será descrito o fluxo do petróleo na estação.

De acordo com Mudson, Young, Okiishi (2004, p. 156) na dinâmica dos fluidos existem dois tipos de escoamento: o regime de escoamento estacionário ou permanente, no qual as propriedades do fluido não variam com o tempo, e o regime não permanente quando as propriedades do fluido variam com o passar do tempo.

Segundo Fox e McDonald (2001, p. 23) o fluido é classificado também quanto a sua compressibilidade, sendo o fluido incompressível quando as variações

de massa específica são desprezíveis, e compressíveis quando as variações de massa específica não são desprezíveis.

Continuando com Fox e McDonald (2001, p. 23), na cinemática dos fluidos há duas classificações para o tipo de escoamento viscoso: o laminar, que é caracterizado pelo movimento suave entre as camadas, ou seja, as partículas não sofrem agitações em seu percurso; e o turbulento, no qual há um movimento aleatório entre as partículas, sofrendo agitações ao longo do percurso. De acordo com a experiência de Reynolds determinou-se o tipo de escoamento através de números adimensionais obtidos pela equação 1:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}, \text{ sendo que:} \quad (1)$$

Re = número de Reynolds

ρ = massa específica, Kg/m³;

D= diâmetro, m;

μ = viscosidade dinâmica, N.s/m².

Relação da fórmula de Reynolds com o tipo de escoamento:

Re < 2000 - Escoamento laminar

2000 < Re < 2400 - Escoamento de transição

Re > 2400 - Escoamento turbulento

Em relação às variáveis na estação de Mato Grosso, pressão e vazão volumétrica, são as variáveis envolvidas neste trabalho, definidas a seguir de acordo com Brunetti (2005).

Segundo Brunetti (2005, p. 18), este expõe que quando uma força é aplicada em uma superfície, acarreta dois efeitos: um tangencial, na qual se obtém tensões de cisalhamento e outra normal que origina as pressões. A pressão é a relação entre a força normal que age na superfície de uma área, representada pela equação 2:

$$P = \frac{dFn}{dA} \quad (2)$$

Se a pressão for uniforme sobre toda a área é obtida a pressão média, cuja fórmula é:

$$P = \frac{Fn}{A} \quad (3)$$

Pelo qual:

dF = diferencial de pressão, N/m²;

P = pressão; N/m²;
F_n = força normal, N;
A = área, m².

Continuando com Brunetti (2005, p. 72), a outra variável existente no referido trabalho é a vazão volumétrica, que é definida como certo volume de fluido que atravessa uma seção no escoamento na unidade de tempo. Segue a Equação 4 referente ao cálculo da vazão volumétrica.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (4)$$

Sendo que:

Q = vazão volumétrica, m³/s;
V = volume, m³;
t = tempo, s.

2.3 Controle estatístico de processo – CEP

Segundo Hradesky (1989, p. 128), o Controle Estatístico de Processo (CEP) tem por finalidade comparar certas características do padrão estabelecido do produto por meio da estatística, identificando os desvios que possam existir através da análise das medidas efetuadas. O processo na indústria está sob controle, quando os produtos se mantêm dentro de suas especificações.

Em Mark et al (2001, p. 191), ele descreve sobre o entendimento da variação do processo, dizendo que todo processo varia de maneira distinta. Alguns processos podem variar consideravelmente, outros não. Em uma análise rigorosa do processo, pode-se comparar se ele está de acordo com o desempenho esperado ou não por meio do CEP.

Segundo, Moreira (2011, p. 570), a qualidade de um produto pode ser definida por meio de dois fatores: as variáveis e os atributos. As variáveis são mensuráveis e contínuas, por exemplo: massa, densidade, vazão, comprimento. Os atributos, por sua vez, não são contínuos e não mensuráveis e podem estar presente ou ausente em um produto. Entre eles estão o acender ou não acender de uma lâmpada; e a porcentagem máxima de peças defeituosas em seu processo de produção. Nas variáveis procuram-se manter seus valores dentro do limites aceitáveis e, no atributo, o controle é através do número de vezes que este aparece em certa quantidade de produtos.

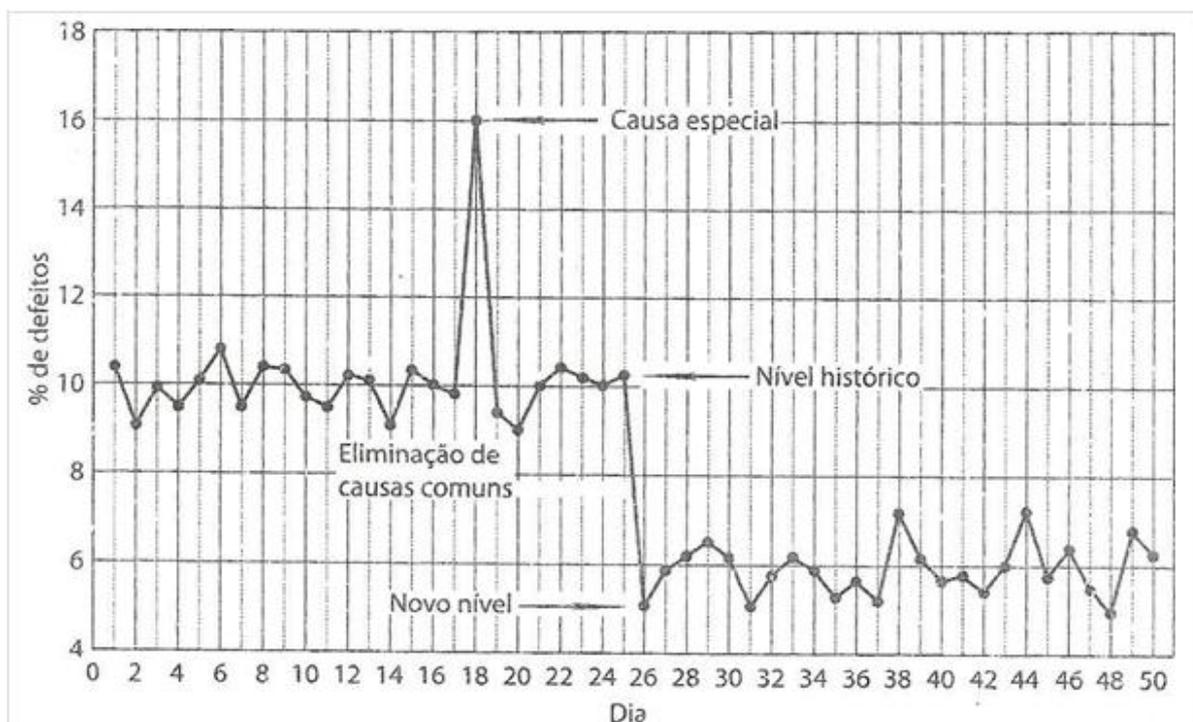
De acordo com Contador et al (2010, p. 169), o CEP faz o controle de qualidade como controle de processo, por meio da manufatura para prevenir defeitos e erros, ao contrário de separar os produtos bons e ruins através da inspeção no controle do produto.

Continuando com Contador et al (2010, p. 170), vários processos apresentam certa variação existente em função das diferenças entre operações, matérias-primas, equipamentos e instrumentos de medição. A variação pode ser dividida em: causas comuns e especiais. As causas comuns são variações naturais de qualquer processo e sempre estão presentes, não podendo ser reduzidas sem mudanças na concepção do processo. Entre alguns exemplos destas causas estão à ausência de padronização das operações, e a falta de treinamento de funcionários.

As causas especiais são variações que afetam o comportamento do processo de maneira imprevisível que, por sua vez produz resultados totalmente discrepantes dos outros valores, como por exemplo: a desregulagem ocasional de uma máquina, e a quebra de uma ferramenta.

A Figura 03 representa um exemplo da ocorrência de causas comuns e especiais de variação em um dado processo e a ocorrência de um novo nível no sistema de produção. De acordo com o dia 18, houve uma causa especial de variação por uma desregulagem ocasional da máquina, evidenciando um valor totalmente diferente dos outros apresentados no gráfico. Também foi verificado um novo nível de processo, no dia 26, evidenciando que houve um melhoramento do processo, através do treinamento dos seus funcionários, interferindo nas causas comuns de variação.

Figura 03: Causas comuns e especiais de variação



Fonte: (CONTADOR ET AL, 2010).

Segundo Contador et al (2010, p. 170), a importância da distinção das causas de variação está na sua ação e responsabilidade, à proporção que a eliminação das causas especiais pode ser feita por ação local dos operários do processo, e as comuns tem sua ação no sistema de trabalho que é feito pela administração. A título de exemplo, a desregulagem ocasional de um equipamento pode ser ajustada pelo próprio operador (especial). Já a compra frequente de matéria-prima com problema só pode ser resolvido pela gerência (comum). Um processo está sob controle quando somente causas comuns estiverem presentes nele.

2.4 Cartas de Controle

Segundo Contador et al (2010, p. 172), quando se fala em CEP, as cartas de controle são as mais importantes no controle de processo, possuindo os seguintes objetivos: verificar se o processo é estatisticamente estável, existindo somente causas comuns de variação, e permitir o aprimoramento contínuo do processo, reduzindo a sua variabilidade.

De acordo com o referido autor, existem várias cartas de controle, como: carta da média e desvio padrão; carta da mediana e amplitude; carta de valores individuais e amplitudes móveis; carta de fração defeituosa na amostra; carta do número de defeituosos na amostra; carta do número de defeitos na amostra; e carta do número de defeitos por unidade. Mas, no presente trabalho, só será descrita a carta média e desvio padrão.

Conforme Moreira (2011, p. 578), os limites de controle são calculados por meio de amostras, tomando-se uma probabilidade a partir de uma média de três desvios padrões. Se um valor estiver fora dessa faixa, o processo passa a não ser considerado estável, e uma causa especial ocorreu no processo.

De acordo com as equações 5, 6, 7 e 8, serão feitos os cálculos para carta da média e desvio padrão de uma amostra.

$$X^* = \frac{\sum X}{N} \quad (5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (M - X^*)^2}{K}} \quad (6)$$

$$LSC = X^* + 3\sigma \quad (7)$$

$$LIC = X^* - 3\sigma \quad (8)$$

Pelo qual:

X^* = média da amostra;

$\sum X$ = somatório dos elementos;

N = número de elementos;

K = número de amostras;

M = valor de cada amostra;

σ = desvio padrão;

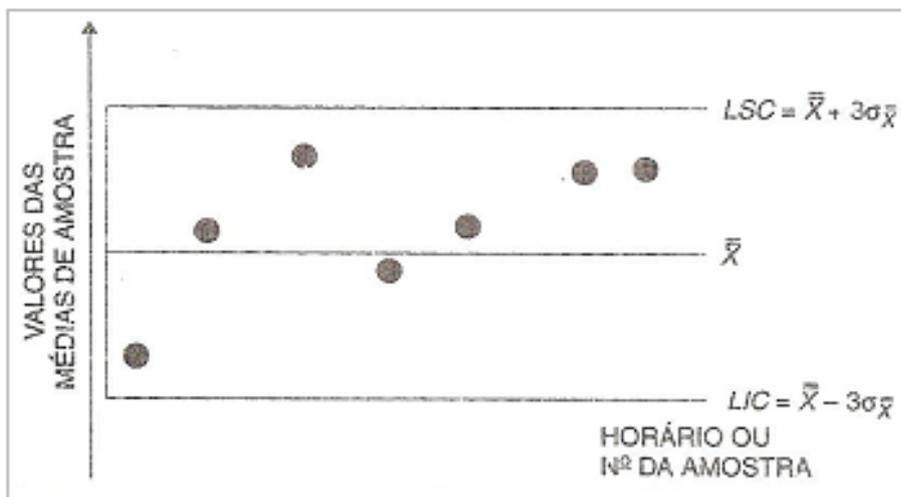
LSC = limite superior de controle;

LIC = limite inferior de controle.

Na Figura 04, é feita uma linha central à qual corresponde a média dos valores medidos por determinada variável. Acima da linha, estabelece o limite

superior de controle e abaixo, o limite inferior de controle. Nesta figura cada ponto do gráfico indica um valor retirado da amostra.

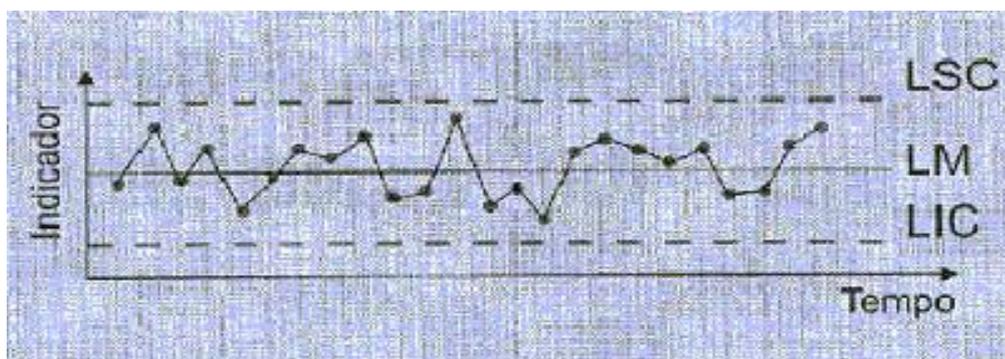
Figura 04: Gráfico de controle das médias



(Fonte: MOREIRA, 2011)

A Figura 05 representa um exemplo de uma carta de controle para médias, na qual é verificado que o processo está sob controle estatístico.

Figura 05: Cartas para médias



(Fonte: CANASSA, 2000)

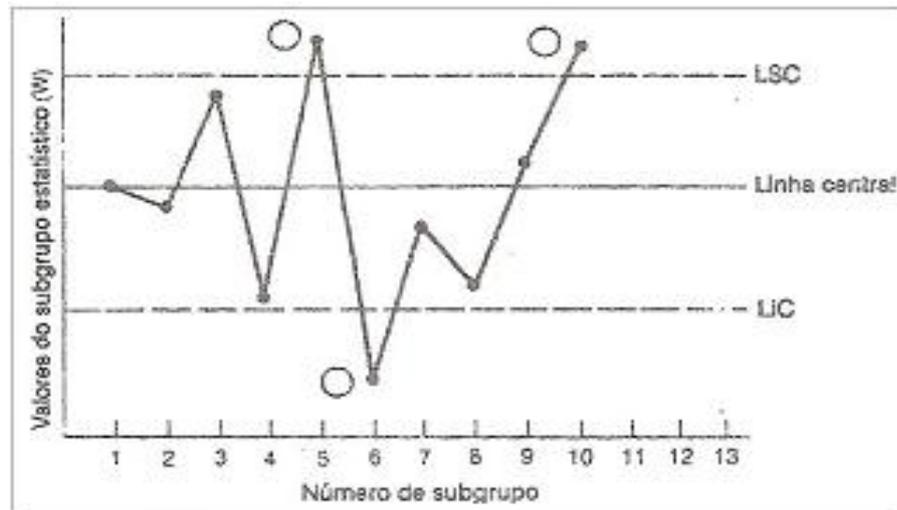
2.5 Condições para perda de controle

De acordo com Hradesky (1989, p. 171), um processo na estatística é diagnosticado como “perdendo o controle”, à medida que: um ou mais pontos estão fora dos limites de controle; sete pontos consecutivos estão acima ou abaixo da

linha central e sete ou mais pontos estão na mesma direção, indicando uma tendência no gráfico.

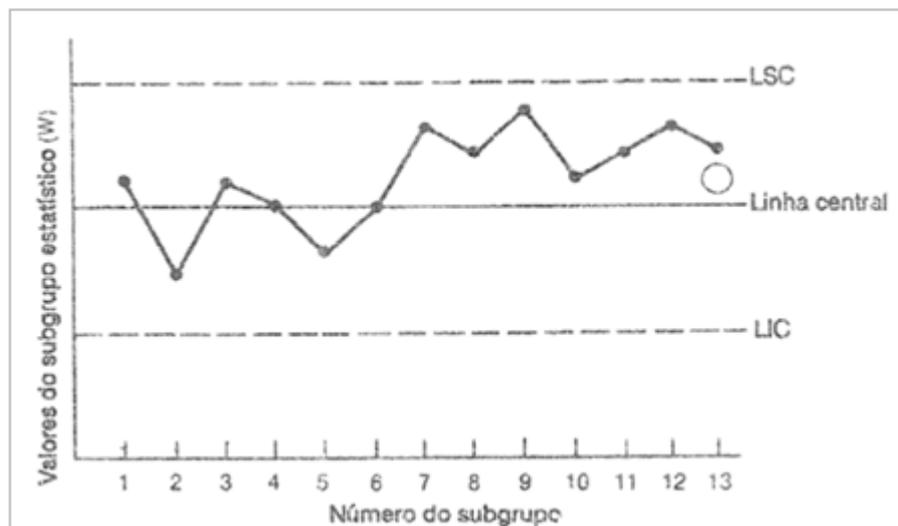
As Figuras 06, 07, 08 e 09 apresentam condições descritas acima com o diagnóstico da “perda do controle do processo”.

Figura 06: Pontos fora do controle



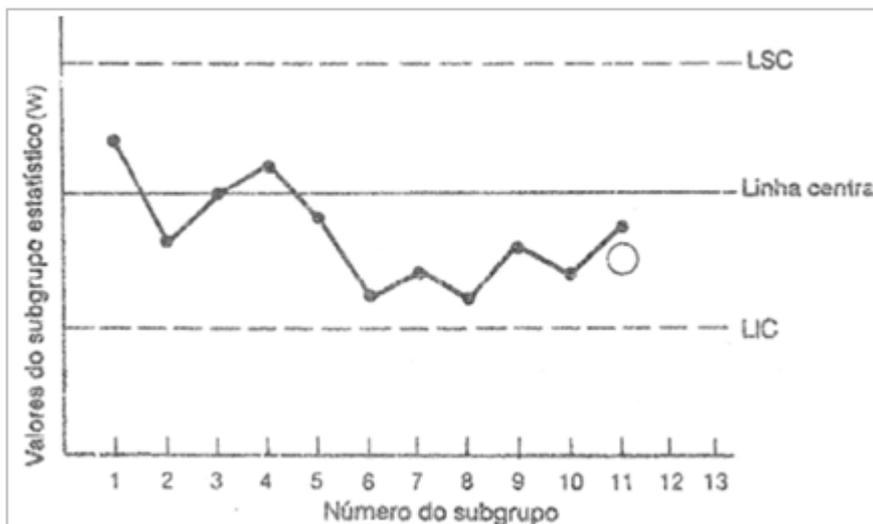
(Fonte: HRADESKY, 1989).

Figura 07: Sete pontos seguidos acima da linha central



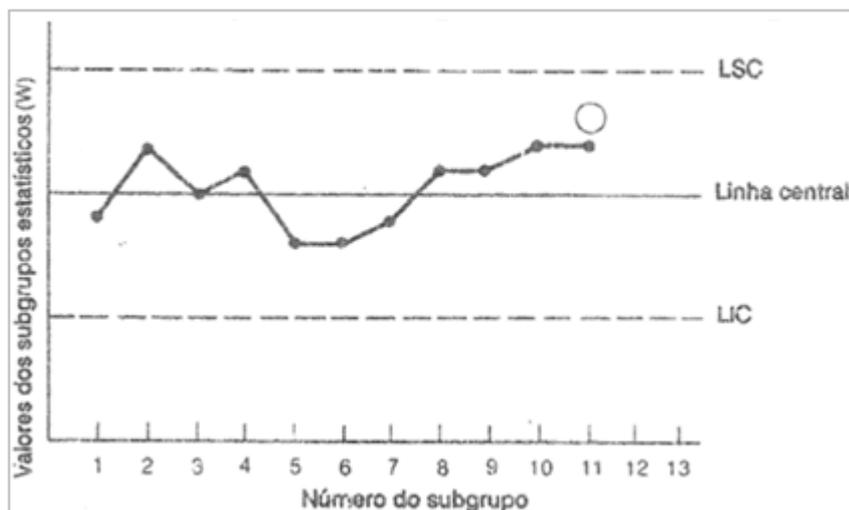
(Fonte: HRADESKY, 1989).

Figura 08: Sete pontos seguidos abaixo da linha central



(Fonte: HRADESKY, 1989).

Figura 09: Tendência



(Fonte: HRADESKY, 1989).

2.6 Capacidade de processo

Segundo Werkema (1995, p. 275), o estudo da capacidade do processo, avalia se o processo é capaz de atender às especificações estabelecidas de acordo com as necessidades dos clientes. Somente, em um processo estável, é possível avaliar sua capacidade de processo, pois apresenta previsibilidade de processo, caso contrário não teria sentido a avaliação de um processo sendo imprevisível. A capacidade é estimada a partir de um intervalo de valores de, 6σ , de uma

determinada amostra, pelo qual σ = desvio padrão, que quantifica a variação natural do processo.

Continuando com Werkema (1995, p. 276), a capacidade de processo segundo análise gráfica é feita com a comparação de histogramas ou gráficos com a característica de qualidade pretendida. Um processo é dito não capaz quando possui elevada variabilidade em relação à média, e uma média deslocada em relação ao ponto médio dos limites de especificação. Conforme Mark et al (2001, p. 200), um exemplo pode ser dado quando um processo na média está produzindo itens dentro dos limites de controle, porém possui uma alta variação não atendendo as especificações para todos os itens.

Em Mark et al (2001, p. 200), para avaliar se um processo é capaz, é necessário o cálculo dos índices de capacidade, os quais quantificam o desempenho dos processos estudados. Para utilizá-los deve-se verificar se o processo está sob controle estatístico (estável), pois somente dessa forma, os cálculos dos índices de capacidade podem ser efetuados.

Coeficiente de capacidade de processo (C_p) – de acordo com a fórmula abaixo quanto maior o coeficiente, maior é o potencial em produzir dentro das especificações, ou seja, $C_p \geq 1,33$ o processo é capaz, está dentro dos limites de especificação; $1 < C_p \leq 1,33$ o processo é aceitável; $C_p < 1$ processo é incapaz, fora dos limites de especificação. Segue a fórmula que define C_p :

$$C_p = \frac{LSE - LSI}{6 \sigma} \quad (9)$$

Sendo que:

C_p = Coeficiente de capacidade;

LSE = limite superior de especificação;

LSI = limite inferior de especificação;

σ = desvio padrão.

Índice de Capabilidade (C_{pk}) – esse índice de desempenho determina se a média do processo está próxima do LSE ou LIE, sendo que quanto mais o C_{pk} estiver próximo do valor de C_p mais a média do processo está no centro, entre os limites de especificação, caso isso não ocorra se aproximará dos limites de especificação. Quanto menor o C_{pk} mais fora de especificação estará. De acordo

com a análise do Cpk, quando este for: $Cpk \geq 1,33$ está sob controle; $1 < Cpk < 1,33$ parcialmente sob controle; $0 < Cpk \leq 1$ fora de controle; $Cpk \leq 0$ fora de especificação. Segue a fórmula que define Cpk:

$$Cpk = \min \frac{[X^* - LIE, LSE - X^*]}{3\sigma} \quad (10)$$

Pelo qual:

Cpk = índice de Capabilidade

LIE = limite inferior de especificação

LSE = limite superior de especificação

X^* = média

σ = desvio padrão

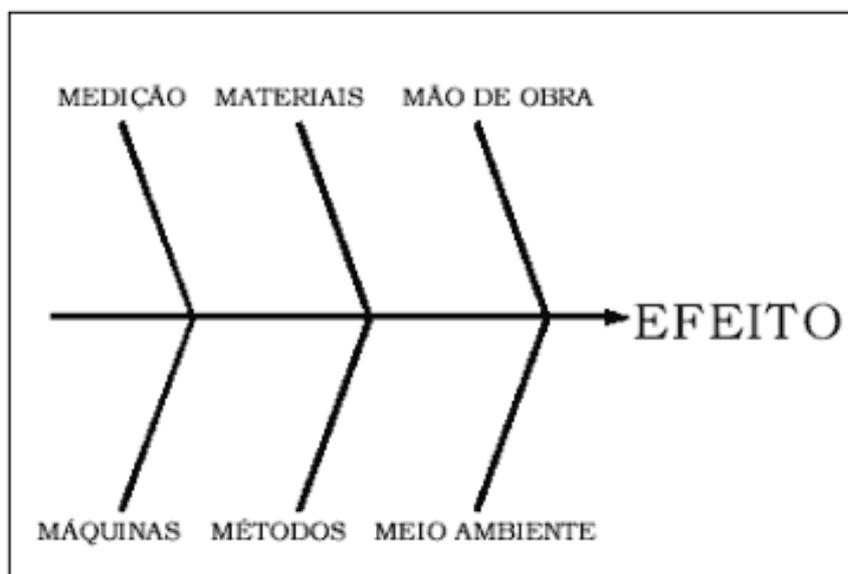
2.8 Diagrama de causa e efeito

De acordo com Rotondaro et al (2002, p. 140), o Diagrama de Causa e Efeito é um método utilizado no processo para relacionar um resultado com suas diversas causas de influências, através do levantamento de informações e apresentação visual de diversas causas a ela relacionadas. Quando se tem um problema, é um instrumento que oferece várias informações para tornar mais fácil a identificação da causa e conseqüente solução de um problema.

Continuando com Rotondaro et al (2002, p. 141), essa ferramenta possui um conjunto de informações de causas na forma de espinha de peixe, seguindo uma ordem da esquerda para a direita, na qual converge para o resultado que está sendo analisado. Para enumeração das causas que provocam o resultado, o método utilizado é o *brainstorming*, na qual a livre opinião dos participantes é fundamental.

Segundo o referido autor, o Diagrama de Causa e Efeito tem como função: expandir a visão do problema; adquirir o conhecimento dos participantes envolvidos no problema; estimular discussões, a fim de gerar melhores oportunidades de trabalho para solução do problema. Existem várias maneiras de classificação das causas, porém os critérios mais utilizados para composição do diagrama são: a mão-de-obra, os materiais, as máquinas, os métodos, o meio ambiente, e a medição. A Figura 10 é um exemplo do Diagrama de Causa e Efeito.

Figura 10: Diagrama de causa e efeito



(Fonte: ROTONDARO ET AL, 2002).

3. METODOLOGIA

3.1 Introdução

O método para a realização deste trabalho foi o de campo, o qual foi desenvolvido por meio da observação direta das atividades que são estudadas. Segundo Gil (2002, p. 53), o pesquisador realiza a maior parte do trabalho pessoalmente, pois é enfatizada a importância dele mesmo ter tido a experiência direta da situação em estudo.

Algumas etapas foram feitas no estudo de campo, dentre elas, a etapa exploratória, a qual representa um período de investigação informal e relativamente livre, obtendo um entendimento dos fatores que exercem influência no objeto de pesquisa.

Para que possa ser realizada a elaboração do projeto de pesquisa após a etapa de exploração e identificação da situação, foram definidos os objetivos e a determinação das técnicas de coleta de dados. O presente trabalho possui caráter descritivo, pois descreve as características dos fenômenos estudados e o estabelecimento de relações entre variáveis. De acordo com Gil (2002, p.42), a pesquisa descritiva faz uso de técnicas padronizadas de coleta de dados.

A coleta e análise de dados foram processadas, sendo feita a seleção e simplificação dos dados obtidos das observações de campo. Os dados foram organizados para que sejam tiradas possíveis explicações, configurações e fluxos de causa-efeito, com consequentes conclusões e decisões a partir deles.

3.2 Método de análise do controle do processo de gás na estação de Mato Grosso

O método de análise para o controle do processo foi realizado através do acompanhamento dos dados obtidos nos medidores de vazão de gás do campo da estação. A partir deste acompanhamento, foi observado se a variável de processo de operação está conforme o especificado para que o processo funcione de maneira uniforme.

Para que seja feito o controle do processo, é necessária a verificação dos sistemas auxiliares, pelos quais são constantemente verificadas: as pressões no *manifold*; as pressões de chegada do gás do campo de Mato Grosso à estação; e as

pressões na saída para a área de Siririzinho I. Também são verificadas as pressões, nos vasos separadores, pelos quais, o gás que é separado da emulsão segue para o compressor de gás. Neste sistema, o controle de pressão é realizado e quando esta excede o valor desejado, o fluxo de gás é desviado para o dispersor de gás.

Além dos sistemas auxiliares, o monitoramento é realmente aplicado nos instrumentos das variáveis monitoradas para efeito de controle de processo, verificando-se a vazão do gás enviado para a área de Siririzinho I e a vazão de gás que chega do campo de Mato Grosso para a estação. Caso a quantidade de gás que chega a estação do campo esteja maior que a saída para Siririzinho I, o gás é disperso. A leitura dos medidores de vazão é feita por supervisorio ou no próprio campo. Para efeito de controle, essas medidas são registradas diariamente em uma planilha, planilha não automatizada, e estas geram gráficos para acompanhamento.

O gás do processamento, quando enviado para o compressor de gás denominado HBGG, que é um compressor alternativo de duplo efeito, no qual eleva a pressão por meio de pistões dentro de uma câmara de compressão. Esse gás após passar pelo compressor HBGG é comprimido para área de Siririzinho I, sendo o controle feito na pressão de sucção do compressor e, por consequência, também a de descarte, através de uma válvula de controle pneumático que é regulada de acordo com esta variável (pressão), pela qual determina a vazão de gás que é mandada para a área de Siririzinho I. No processo em conformidade o gás coletado na estação de Mato Grosso é enviado para Siririzinho I, na não conformidade o gás segue para a dispersão, onde é disperso.

Através do Controle Estatístico de Processo e, especificamente, das cartas de controle, foi verificado o comportamento de todo o processo de fluxo de gás da estação, estimando-se se este está sob controle ou não. Caso esteja fora de controle, serão averiguadas as causas no intuito de sanar o problema e adequar o processo da melhor maneira, para assim minimizar as suas perdas.

Todo o controle do processo e, por consequência, dos equipamentos é aplicado conforme o padrão interno da Petrobras denominado, Sistema Integrado de Padronização Eletrônica da Petrobras (SINPEP). Os códigos e significados dos padrões envolvidos no controle do processo de gás da Estação de Mato Grosso são apresentados no Quadro 01.

Quadro 01: Padrões do controle de processo da estação de Mato Grosso

CÓDIGO	SIGNIFICADO
PE-5E4-00772-J	Operação do Separador de Gás
PE-5E4-00787-O	Partida/Parada do compressor HBGG da Estação de Mato Grosso
PE-5E4-00796-D	Operação do Separador de Óleo

(Fonte: PETROBRAS, 2011, adaptado autor).

O controle do processamento do gás da estação tem como finalidade otimizar e uniformizar o fluxo para o campo de Siririzinho I, para que este possa ser aproveitado como combustível nos geradores de vapor lá existentes, e também, evitar o desperdício do gás com a dispersão, já que este é uma fonte energética.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Introdução

Neste capítulo será apresentada a discussão dos dados coletados de campo, referentes ao 1º semestre de 2011, do processo produtivo de gás da Estação de Mato Grosso, entre os meses de março, abril e maio. Esta discussão será constituída pela avaliação do controle do gás transferido e do gás disperso, ao mesmo tempo em que também faz a comparação se o gás que é transferido para a região de Siririzinho I, está atendendo as especificações por ela pretendidas, através do Controle Estatístico de Processo (CEP), nas cartas de controle.

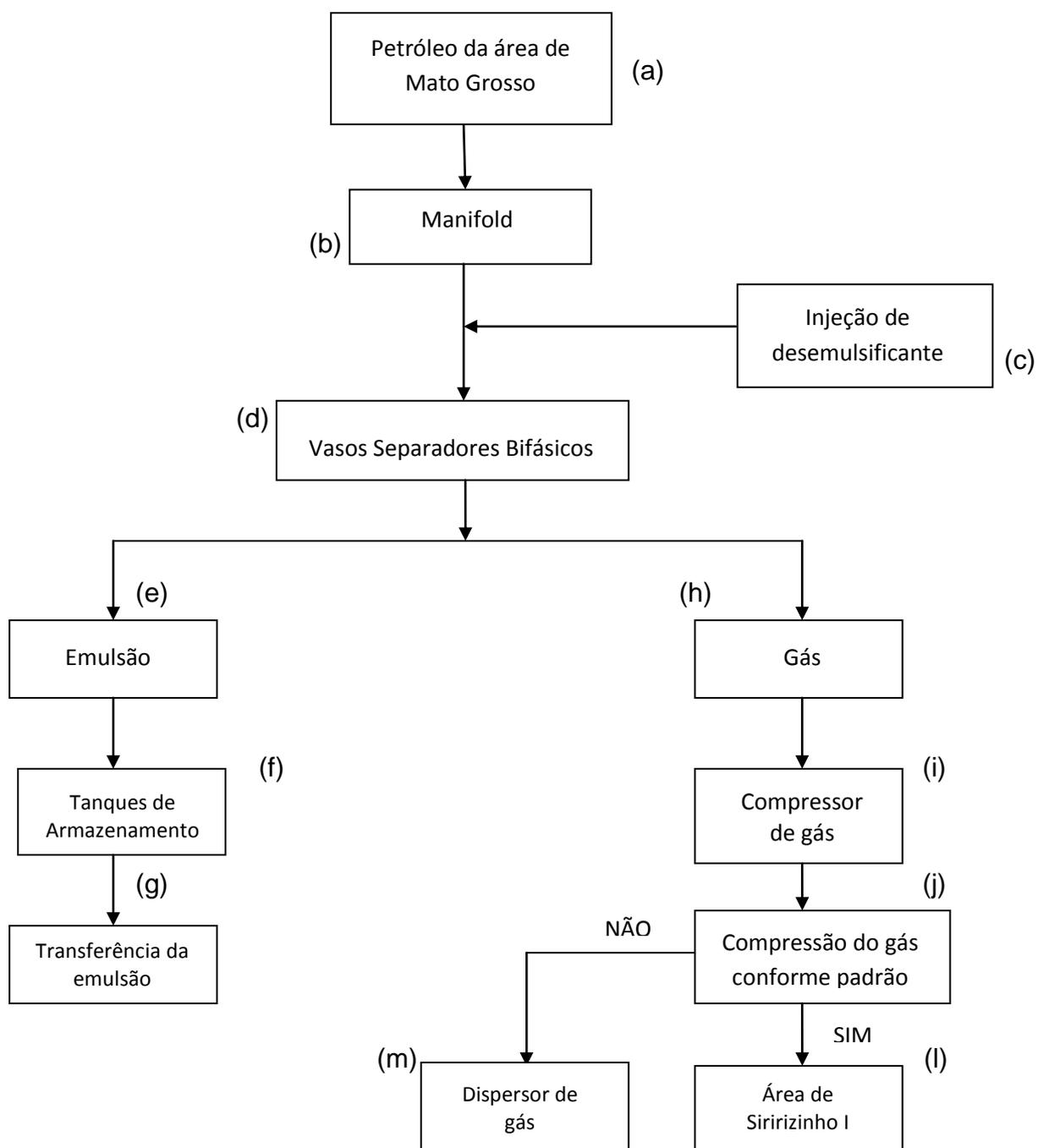
O gás que é transferido da Estação de Mato Grosso para área Siririzinho I, para que esteja dentro das especificações esperadas, de maneira que os geradores de vapor localizados nessa região, possam trabalhar de forma otimizada, devem transferir uma vazão de gás de 20.000 m³/dia, com uma especificação de $\pm 10\%$.

4.2 Caracterização do processamento primário de petróleo da estação de Mato Grosso

Na Figura 11, é apresentado o processamento primário de produção de petróleo da estação de Mato Grosso. Inicialmente o petróleo bruto proveniente dos poços da área de Mato Grosso (a), chega ao *manifold* da estação (b); o *manifold* é um conjunto de linhas e válvulas, no qual há o escoamento do petróleo (Figura 12); posteriormente é aplicado o desemulsificante (c), que tem como objetivo melhorar a separação da emulsão. Em seguida, o petróleo é levado para os vasos separadores bifásicos (d), que separam a emulsão (e), do gás que é produzido (h), direcionando a emulsão para os tanques de armazenamento (f), no qual, posteriormente será transferida para uma estação base (g). Por outro lado, o gás (h) segue para os compressores de gás (i), caso o processo produtivo esteja conforme o padrão de operação (j), este sofre compressão até a área de Siririzinho I (l), caso contrário, o gás será disperso através do dispersor de gás (m), cujo objetivo é queimá-lo ou dispersá-lo.

O processamento primário da referida estação tem como objetivo fazer a separação dos componentes: emulsão e gás, produzidos a partir do petróleo bruto que chega dos poços produtores da área à estação de Mato Grosso, através de vasos separadores. O gás é aproveitado como combustível para geradores de vapor situados no campo de Siririzinho I, e a emulsão é direcionada para uma estação base, para ser adicionada a produção desta.

Figura 11: Fluxograma da estação de Mato Grosso



(Fonte: autor)

A Figura 12 representa o *manifold*, que é composto por um conjunto de linhas e válvulas por onde chega toda a produção dos poços produtores.

Figura 12: Manifold



(Fonte: PETROBRAS, 2011)

Os vasos separadores bifásicos que separam a emulsão do gás, nas estações de processamento primário de petróleo, conforme Figura 13.

Figura 13: Vasos separadores bifásicos



(Fonte: PETROBRAS, 2011)

Os tanques que armazenam a emulsão proveniente dos vasos separadores, de acordo com a Figura 14.

Figura 14: Tanques de armazenamento de petróleo



(Fonte: PETROBRAS, 2011)

4.3 Avaliação e controle da produção

De acordo com os Apêndices A, B e C, foram obtidas todas as informações pertencentes ao volume de gás da estação de Mato Grosso no mês de março, abril e maio, respectivamente, representados por: volume de gás que chega a estação - gás coletado; volume de gás que é transferido para área de Siririzinho I – transferido; volume de gás que sofreu dispersão – gás disperso; a média obtida do gás transferido – média; os limites de controle representados por: LSC, limite superior de controle, LIC, limite inferior de controle, que são obtidos de acordo com as equações (7) e (8); e os limites de especificação representados por: LSE, limite superior de especificação (22.000), e LIE, limite inferior de especificação (18.000), calculados conforme comentado no item 4.1.

Os limites superior e inferior de controle foram calculados a partir das equações (7) e (8), tomando-se os valores do gás que foi transferido para área de Siririzinho I em cada mês separadamente, conforme apêndices A, B e C. Para que fosse feito esses cálculos, foram excluídos os valores das causas especiais de variação presentes em cada mês, ou seja, os valores discrepantes em relação à maioria, obtendo-se a média dos valores normais e a partir daí calcular os limites.

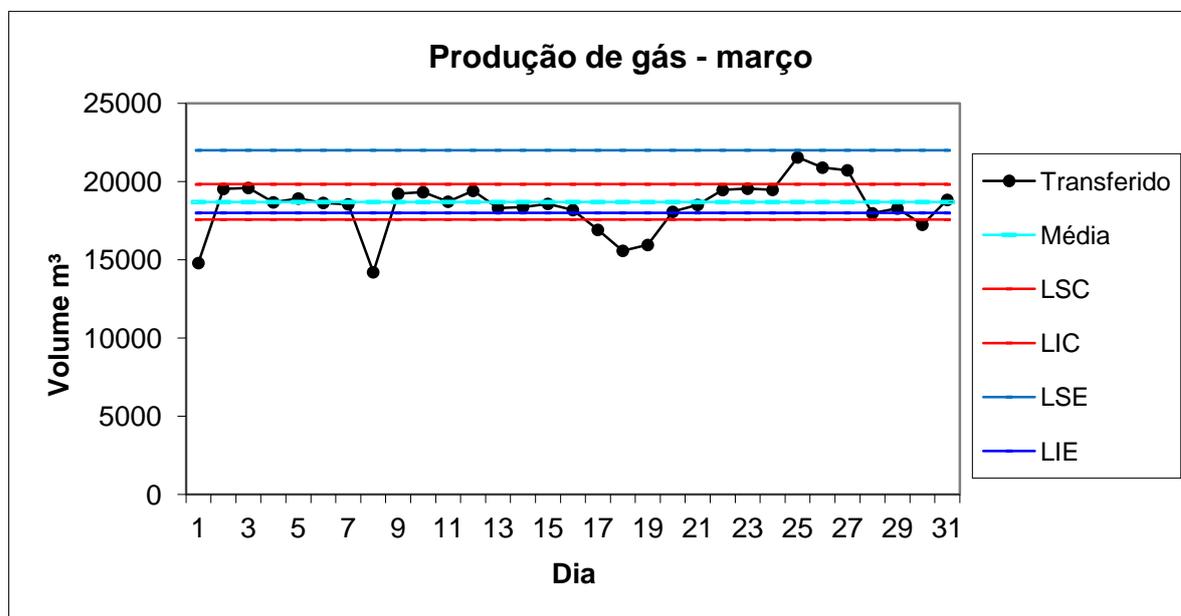
De acordo com o Gráfico 01, referente ao mês de março, a vazão de gás transferido na estação foi em torno de 18.697 m³/dia. Neste período ocorreram oscilações acentuadas da produção, indicadas pelos pontos fora dos limites inferior e superior de controle, com a indicação de causas especiais de variação, ao mesmo tempo em que também ocorreu uma tendência no gráfico do dia 20 ao 25, indicando situações de perda de controle no processo. Nesse mesmo período foi constatado que o gás transferido saiu de especificação em vários dias não atendendo ao padrão desejado por Siririzinho I.

A seguir são enumeradas as causas especiais de variação:

- Dia 01, houve erro de calibração nos medidores do gás transferido;
- Dia 08, houve dispersão de 919 m³ de gás, devido falta de energia elétrica;
- Dia 18 e 19, houve erro de calibração nos medidores de gás transferido, devido nova recalibração do equipamento;
- Dia 20, houve dispersão de 293 m³ de gás, por problema no compressor, por defeito na válvula de controle pneumática;

- Dia 30, houve dispersão de 2.001 m³ de gás, devido teste de um novo compressor;

Gráfico 01: Carta de controle do gás em março



(Fonte: PETROBRAS, 2011, adaptado autor).

Os dados do mês de abril, do processamento de gás são apresentados no Apêndice B.

O mês de abril obteve uma transferência de gás média de 21.263 m³/dia, acima do volume de gás transferido correspondente ao mês de março. Este resultado foi de um modo geral, devido à menor quantidade de gás dispersado.

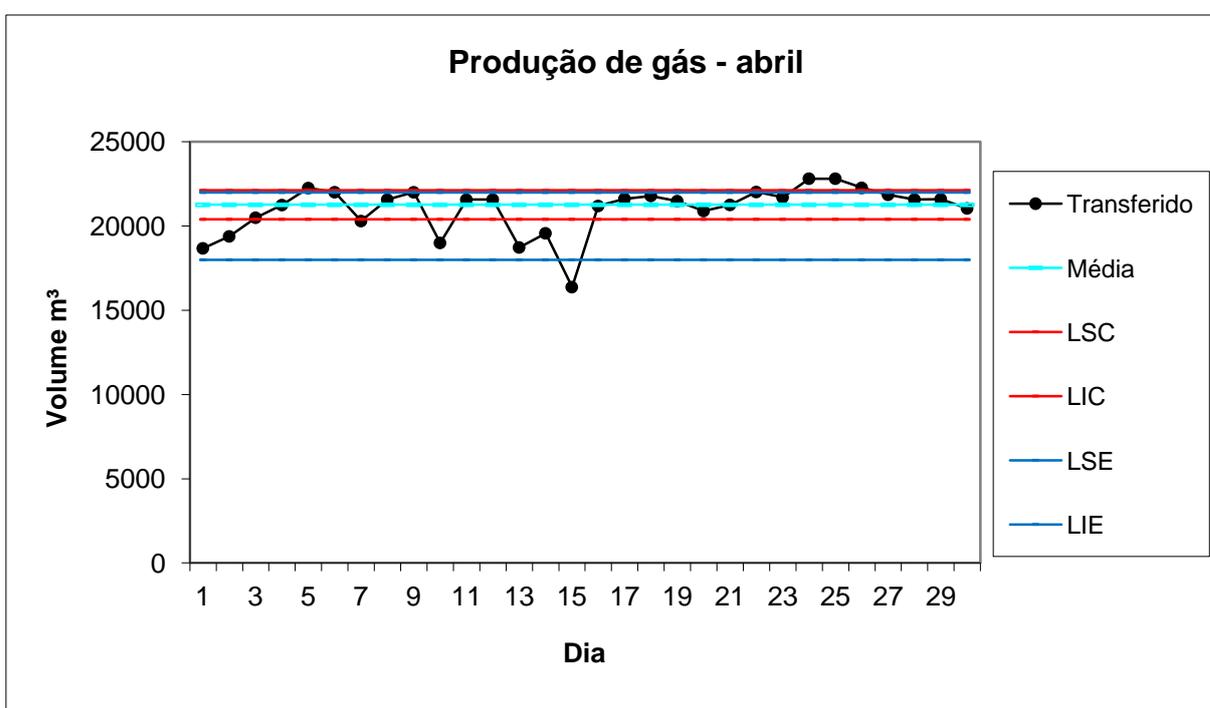
No que diz respeito ao processamento de gás, assim como no mês de março, ocorreram causas especiais de variação com pontos fora dos limites de controle, o que levou a um processo estatisticamente fora de controle. Em relação à especificação do gás transferido, foi obtido um índice bem maior de atendimento do que no mês anterior, saindo poucas vezes dos limites de especificação, como mostra o Gráfico 02.

Dentre as causas especiais de variação apresentadas neste mês estão:

- Dia 01, houve dispersão de 95 m³ de gás, devido a teste de um novo compressor de gás;
- Dia 02, houve dispersão de 70 m³ de gás, devido a teste de um novo compressor de gás;

- Dia 10, houve dispersão de 257, por causa de parada dos geradores em Siririzinho I, pela quebra da bomba que fornece água para gerar vapor;
- Dia 13 e 14, houve erro de medição do operador.
- Dia 15, houve dispersão de 3.694, por parada dos geradores em Siririzinho I, pela quebra da bomba que fornece água para gerar vapor;
- Dia 24 e 25, houve erro na calibração do medidor de gás transferido, devido recalibração do equipamento.

Gráfico 02: Carta de controle do gás em abril



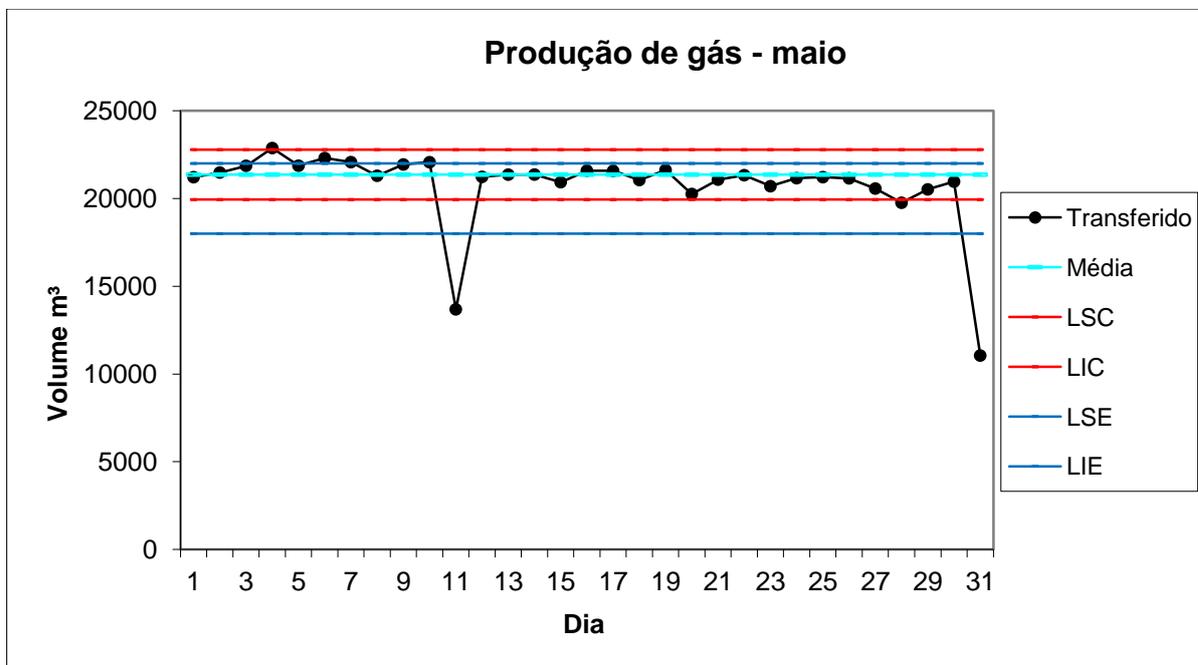
(Fonte: PETROBRAS, 2011, adaptado autor).

De acordo com o Apêndice C são apresentados os dados do processamento de gás na estação de Mato Grosso no mês de maio.

O gás transferido para a área de Siririzinho I não foi maior que o mês anterior, pois obteve uma maior dispersão que os meses de março e abril, ocasionando uma menor média de gás transferido para Siririzinho I. No que diz respeito ao processamento desse gás, segundo a estatística houve causas especiais de variação, pois foram ultrapassados seus limites de controle, existindo uma perda de controle no processo. Assim como nos meses de março e abril houve uma produção de gás transferida fora da especificação, não atendendo aos

requisitos dos geradores de vapor localizados na área de Siririzinho I, como mostra a carta de controle no Gráfico 03.

Gráfico 03: Carta de controle do gás em maio



(Fonte: PETROBRAS, 2011, adaptado autor).

As oscilações decrescentes de gás transferido mostradas no Gráfico 03 correspondem a sua dispersão, assim como as causas especiais de variação que ocorreram no período, discutidas em seguida:

- Dia 11, houve dispersão de 3.948 m³ de gás, por falta de energia elétrica na estação;
- Dia 31, houve dispersão de 3.341m³ de gás, devido falta de energia elétrica na estação.

A utilização das cartas de controle, no sistema de produção de gás da Estação de Mato Grosso, mostrou que quando não há a ocorrência da dispersão de gás geralmente o processo encontra-se sob controle, exceto os casos de erros de calibração dos medidores de gás transferido que provocaram pontos fora dos limites controle. Todavia houve ocorrências de causas especiais de variação, indicando uma perda de controle no processo, e um produto fora das especificações, que nesse caso, foram ultrapassados os limites de “tolerância admissíveis”, do volume de gás transferido para Siririzinho I.

Portanto estatisticamente o processo saiu da faixa de controle indicando uma perda de controle do processo, em todos os meses que foram estudados, e não atendeu em vários dias ao que foi recomendado por seu cliente nesses três meses, saindo das especificações.

Os fatores dessas causas de variação devem ser analisados, para que sejam identificados e minimizados ou eliminados, para assim obter um processo mais produtivo, com o mínimo de desperdício possível e dentro das especificações desejadas.

4.4 Análise relacionada à capacidade de processo

Em relação ao processo estar ou não capacitado e estar ou não controlado, no processamento de gás da Estação de Mato grosso, nos meses de março, abril e maio, foi feito o cálculo do C_p e C_{pk} , de acordo com as equações (9) e (10) respectivamente.

Para o cálculo desses índices as informações são encontradas nos Apêndices A, B e C de acordo com cada mês do estudo.

No mês de março foi verificado que o $C_p = 1,77$ indicou que o processo foi capaz, porém o $C_{pk} = 0,61$ indicou que este estava fora de controle.

No mês de abril foi feita uma análise, na qual indicou através do cálculo do $C_p = 2,32$ um processo capaz, e $C_{pk} = 0,85$ processo fora de controle, assim como ocorreu no mês anterior.

Foi analisado no mês de maio o processo em relação à C_p e C_{pk} , e verificou-se que: $C_p = 1,40$ processo capaz e $C_{pk} = 0,44$ processo fora de controle.

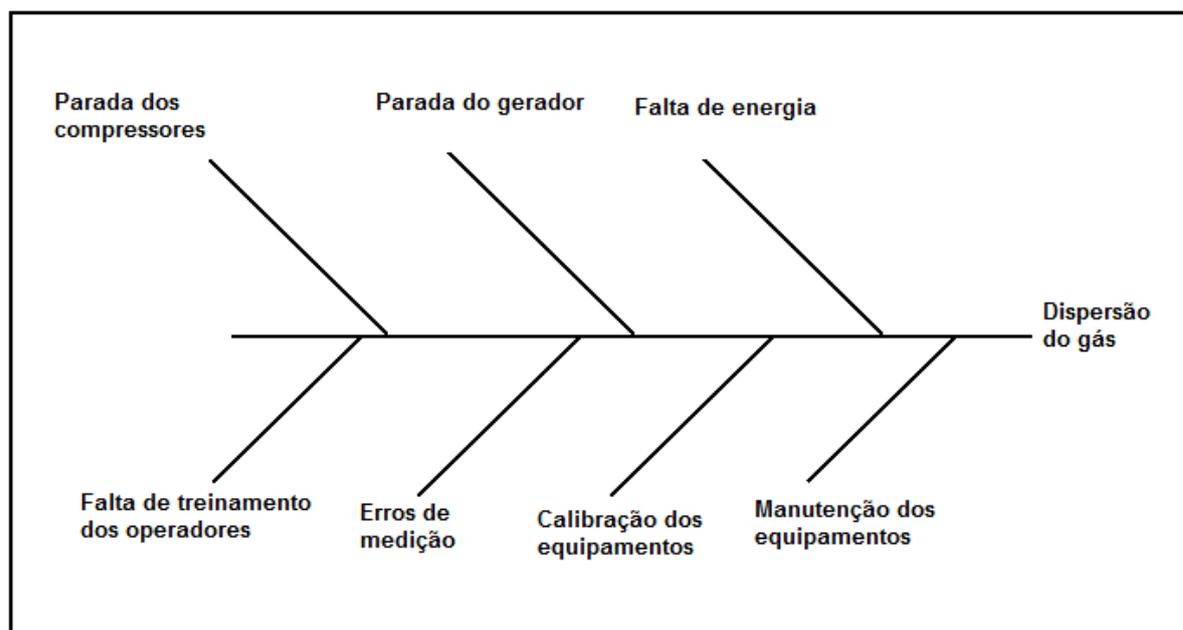
Portanto de acordo com o estudo feito nesse período, através de C_p e C_{pk} , foi verificado que o processo tem capacidade de produzir em conformidade de acordo com o que é requisitado pelo cliente, porém é necessário corrigir problemas no processo, pois está fora de controle.

4.5 Avaliação da perda de gás

Através das informações e discussões entre a operação e engenharia foi realizada uma relação das causas de influências, para o efeito da dispersão do gás através da ferramenta de qualidade, o Diagrama de Causa e Efeito. A Figura 15

mostra o “Diagrama de Causa e Efeito” da dispersão do gás na Estação de Mato Grosso, mostrando de forma objetiva as possíveis causas geradoras do efeito da dispersão: parada do compressor de gás; parada dos geradores em Siririzinho I; falta de energia na estação; erros de medição; falha na calibração dos equipamentos de medida; manutenção do equipamento; e falta de treinamento dos operadores.

Figura 15: Diagrama de causa efeito do processo de gás da estação de Mato Grosso, referente à sua dispersão.



(Fonte: autor)

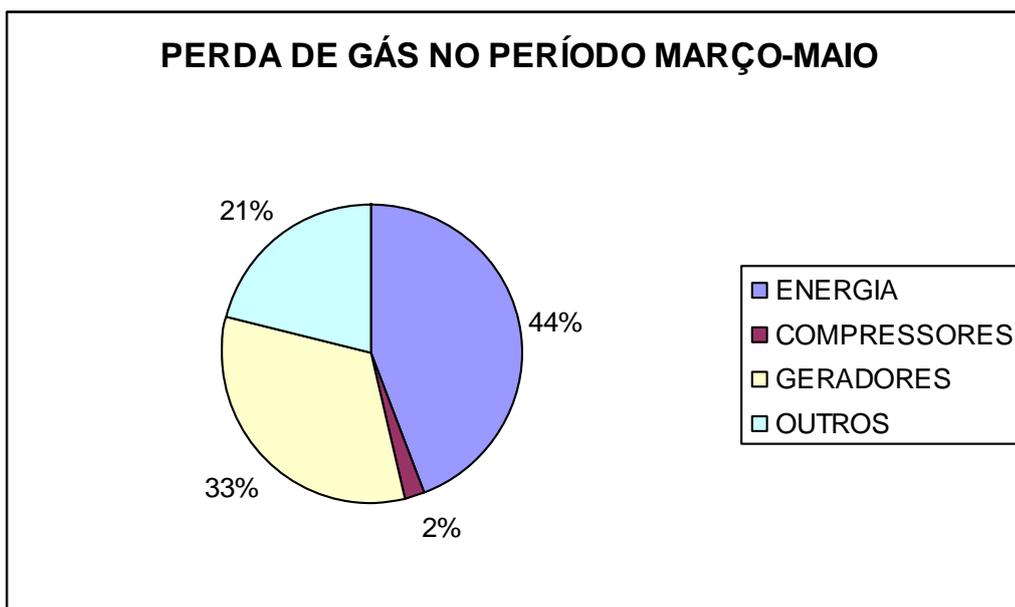
Foi feita uma estimativa das perdas de gás existentes no processo, nos meses de março, abril e maio, de acordo com as causas especiais de variação. Para perda de gás foi caracterizada como “dispersão de gás em volume”, e designado o motivo de sua ocorrência. A partir dessas informações foi feito um gráfico em percentual, Gráfico 04, para determinar qual foi a causa de maior ocorrência da perda de gás na Estação de Mato Grosso.

De acordo com os dados apresentados no Gráfico 04, 44% da perda de gás entre os meses de março, abril e maio foram decorrentes da falta de energia elétrica, fazendo parar os equipamentos que são, em sua maioria, movidos a essa forma de energia, inclusive o compressor de gás.

Em seguida, com 33% da perda de gás, ocorreu por parada dos geradores de vapor que, por não operarem, não consomem o gás que foi transferido

provocando seu desperdício. “Outros tipos de problemas” foram identificados ocasionando perda de gás totalizando 21%: erros de medição, falha na calibração dos equipamentos de medida, manutenção do equipamento, falta de treinamento dos operadores e, por fim, com o mínimo desperdício 2%, os problemas ocasionados pelo compressor de gás.

Gráfico 04: Dispersão do gás na estação de Mato Grosso



(Fonte: PETROBRAS, 2011).

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi verificado o controle do processo produtivo de gás da Estação de Mato Grosso, no qual ficou evidente que o monitoramento do processo é algo fundamental, a partir do princípio que só se poderá exercer um controle de processo na indústria se obtiver um acompanhamento de suas principais variáveis, e em seguida, tirar conclusões e tomar decisões.

A avaliação do sistema de controle de gás da referida estação, está fora de especificação em relação ao gás que é transferido para Siririzinho I no período de março a maio, pois transpôs seus limites de especificação, não atendendo em certos momentos comentados anteriormente o desejado pelo cliente. Assim como foi identificadas situações de perda de controle, devido às causas especiais de variação que ocorreram no processo, não estando dentro da faixa de controle.

Através do monitoramento do volume de gás transferido da Estação de Mato Grosso, foi verificado que o processo possui capacidade em atender os requisitos do cliente, porém devem ser feitas melhorias no processo para que atue de forma otimizada, pois houve perdas de controle.

Por meio do Controle Estatístico de Processo (CEP), foi encontrado o principal problema da dispersão de gás ocorrido no processamento de gás da Estação de Mato Grosso, ocasionando causas especiais de variação, que foi a falta de energia elétrica na estação, com um percentual de 44%. Este problema deverá ser resolvido, de acordo com a pesquisa de campo, com a introdução de um compressor movido ao próprio gás que sofre compressão, ao contrário de movido a energia elétrica.

Portando, o CEP pode ser visto como um importante método de controle de processo, mais especificamente, em se tratando das cartas de controle, à medida que faz a identificação das não conformidades e a quantificação dessa não conformidade, para assim atuar no problema com o objetivo de minimizá-lo ou erradicá-lo, aumentando a produtividade, a competitividade e diminuindo custos.

REFERÊNCIAS

- BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos Fluidos**. 1ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- CANASSA, David. **Treinamento Básico CEP – Controle Estatístico de Processo**. 1ª Ed. Curitiba: Votorantim Cimentos, 2000.
- CONTADOR, José Celso e Colaboradores. **Gestão de Operações**. 3ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.
- FARIA, Lima. **Tratamento de óleo e água produzida**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Universidade Petrobras, 2009.
- FOX, W. Robert; MCDONALD, T. Alan. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. Tradução da Ed. Americana. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.
- GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HRADESKY, John L. **APERFEIÇOAMENTO DA QUALIDADE E DA PRODUTIVIDADE**. 1ª Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.
- LINS, Hanks. **Programação e Controle da Produção**. 1ª. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.
- MARK M. Davis; NICHOLAS J. Aquilano; RICHARD B. Chase. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2ª. Ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- MUDSON, R. Bruce; YOUNG F. Donald; OKIISHI, H. Theodore. **Fundamentos da Mecânica dos Fluidos**. Tradução da 2ª Ed. Americana. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.
- PALMER, Colin F. **Controle Total da Qualidade**. 1ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.
- PARANTHAMAN, D. **Controle da Qualidade**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1990.

ROTONDARO, Roberto G. e Colaboradores. **Seis Sigma**. 1ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; Johnston, Robert. **Administração Da Produção**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2004.

VAZ, Célio Eduardo Martins. **TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA DO GÁS NATURAL**. Célio Eduardo Martins Vaz, João Luiz Ponce Maia, Walmir Gomes dos Santos. 1ª Ed. São Paulo: Blucher, 2008.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. 1ª Ed. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 1: Planilha do volume de gás da estação de Mato Grosso em março

Volume de gás - março 2011								
Dia	Coletado	Transferido	Disperso	Média	LSC	LIC	LSE	LIE
01/03/2011	14.796	14.796	0	18697	19824	17570	22000	18000
02/03/2011	19.529	19.529	0	18697	19824	17570	22000	18000
03/03/2011	19.594	19.594	0	18697	19824	17570	22000	18000
04/03/2011	18.756	18.677	79	18697	19824	17570	22000	18000
05/03/2011	18.920	18.920	0	18697	19824	17570	22000	18000
06/03/2011	18.639	18.639	0	18697	19824	17570	22000	18000
07/03/2011	18.552	18.552	0	18697	19824	17570	22000	18000
08/03/2011	15.128	14.209	919	18697	19824	17570	22000	18000
09/03/2011	19.223	19.223	0	18697	19824	17570	22000	18000
10/03/2011	19.323	19.323	0	18697	19824	17570	22000	18000
11/03/2011	18.716	18.716	0	18697	19824	17570	22000	18000
12/03/2011	19.411	19.411	0	18697	19824	17570	22000	18000
13/03/2011	18.309	18.309	0	18697	19824	17570	22000	18000
14/03/2011	18.369	18.369	0	18697	19824	17570	22000	18000
15/03/2011	18.577	18.577	0	18697	19824	17570	22000	18000
16/03/2011	18.184	18.184	0	18697	19824	17570	22000	18000
17/03/2011	16.915	16.915	0	18697	19824	17570	22000	18000
18/03/2011	15.578	15.578	0	18697	19824	17570	22000	18000
19/03/2011	15.951	15.951	0	18697	19824	17570	22000	18000
20/03/2011	18.363	18.070	293	18697	19824	17570	22000	18000
21/03/2011	18.513	18.513	0	18697	19824	17570	22000	18000
22/03/2011	19.461	19.461	0	18697	19824	17570	22000	18000
23/03/2011	19.547	19.547	0	18697	19824	17570	22000	18000
24/03/2011	19.470	19.470	0	18697	19824	17570	22000	18000
25/03/2011	21.545	21.545	0	18697	19824	17570	22000	18000
26/03/2011	20.892	20.892	0	18697	19824	17570	22000	18000
27/03/2011	20.721	20.721	0	18697	19824	17570	22000	18000
28/03/2011	19.298	17.975	1.323	18697	19824	17570	22000	18000
29/03/2011	18.988	18.287	701	18697	19824	17570	22000	18000
30/03/2011	19.246	17.245	2.001	18697	19824	17570	22000	18000
31/03/2011	19.074	18.833	241	18697	19824	17570	22000	18000

Fonte: (PETROBRAS, 2011, adaptado autor)

APÊNDICE B

Tabela 2: Planilha do volume de gás da estação de Mato Grosso em abril

Volume de gás – abril								
Dia	Coletado	Transferido	Disperso	Média	LSC	LIC	LSE	LIE
01/04/2011	18.844	18.679	165	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
02/04/2011	19.388	19.388	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
03/04/2011	20.497	20.497	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
04/04/2011	21.248	21.248	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
05/04/2011	22.258	22.258	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
06/04/2011	22.011	22.011	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
07/04/2011	20.299	20.299	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
08/04/2011	21.829	21.572	257	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
09/04/2011	22.007	22.007	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
10/04/2011	19.000	19.000	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
11/04/2011	21.570	21.570	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
12/04/2011	21.576	21.576	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
13/04/2011	18.732	18.732	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
14/04/2011	19.572	19.572	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
15/04/2011	20.072	16.378	3.694	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
16/04/2011	21.195	21.195	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
17/04/2011	21.617	21.617	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
18/04/2011	21.791	21.791	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
19/04/2011	21.480	21.480	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
20/04/2011	20.897	20.897	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
21/04/2011	21.258	21.258	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
22/04/2011	22.023	22.023	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
23/04/2011	21.703	21.703	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
24/04/2011	22.815	22.815	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
25/04/2011	22.815	22.815	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
26/04/2011	22.270	22.270	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
27/04/2011	21.857	21.857	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
28/04/2011	21.576	21.576	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
29/04/2011	21.598	21.598	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000
30/04/2011	21.049	21.049	0	21.263	22.124	20.401	22.000	18.000

Fonte: (PETROBRAS, 2011, adaptado autor)

APÊNDICE C

Tabela 3: Planilha do volume de gás da estação de Mato Grosso em maio

Volume de gás – maio								
Dia	Coletado	Transferido	Disperso	Média	LSC	LIC	LSE	LIE
01/05/2011	21.220	21.220	0	21367	22792	19942	22000	18000
02/05/2011	21.486	21.486	0	21367	22792	19942	22000	18000
03/05/2011	21.868	21.868	0	21367	22792	19942	22000	18000
04/05/2011	22.880	22.880	0	21367	22792	19942	22000	18000
05/05/2011	21.874	21.874	0	21367	22792	19942	22000	18000
06/05/2011	22.310	22.310	0	21367	22792	19942	22000	18000
07/05/2011	22.078	22.078	0	21367	22792	19942	22000	18000
08/05/2011	21.302	21.302	0	21367	22792	19942	22000	18000
09/05/2011	21.944	21.944	0	21367	22792	19942	22000	18000
10/05/2011	22.073	22.073	0	21367	22792	19942	22000	18000
11/05/2011	17.635	13.687	3.948	21367	22792	19942	22000	18000
12/05/2011	21.239	21.239	0	21367	22792	19942	22000	18000
13/05/2011	21.365	21.365	0	21367	22792	19942	22000	18000
14/05/2011	21.370	21.370	0	21367	22792	19942	22000	18000
15/05/2011	20.935	20.935	0	21367	22792	19942	22000	18000
16/05/2011	21.591	21.591	0	21367	22792	19942	22000	18000
17/05/2011	21.578	21.578	0	21367	22792	19942	22000	18000
18/05/2011	21.057	21.057	0	21367	22792	19942	22000	18000
19/05/2011	21.629	21.629	0	21367	22792	19942	22000	18000
20/05/2011	20.903	20.263	640	21367	22792	19942	22000	18000
21/05/2011	21.082	21.082	0	21367	22792	19942	22000	18000
22/05/2011	21.334	21.334	0	21367	22792	19942	22000	18000
23/05/2011	20.706	20.706	0	21367	22792	19942	22000	18000
24/05/2011	21.163	21.163	0	21367	22792	19942	22000	18000
25/05/2011	21.222	21.222	0	21367	22792	19942	22000	18000
26/05/2011	21.155	21.155	0	21367	22792	19942	22000	18000
27/05/2011	20.572	20.572	0	21367	22792	19942	22000	18000
28/05/2011	19.762	19.762	0	21367	22792	19942	22000	18000
29/05/2011	20.523	20.523	0	21367	22792	19942	22000	18000
30/05/2011	20.966	20.966	0	21367	22792	19942	22000	18000
31/05/2011	14.394	11.053	3.341	21367	22792	19942	22000	18000

Fonte: (PETROBRAS, 2011, adaptado autor)