

A IMPORTÂNCIA DO *AS BUILT* (“COMO CONSTRUÍDO”) EM PROJETOS DE CONTROLE DIMENSIONAL VOLTADOS PARA TOPOGRAFIA INDUSTRIAL

RAONI DA SILVA IZIDORO
AFONSO DE PAULA DOS SANTOS
WILLIAM RODRIGO DAL POZ
DALTO DOMINGOS RODRIGUES

Universidade Federal de Viçosa - UFV
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - CCE
Departamento de Engenharia Civil - DEC
Setor de Engenharia de Agrimensura, Viçosa, MG
raoni.izidoro,{afonso.santos, william.dalpoz, dalto}@ufv.br

RESUMO - O presente trabalho objetiva mostrar a importância do *as built* em projetos de linhas de tubulação, por meio de comparações nas dimensões angulares e lineares entre um objeto fabricado com seu respectivo projeto. Tal procedimento foi realizado por meio de topografia convencional, onde os dados coletados foram processados em ambiente CAD. As discrepâncias encontradas foram comparadas com as pré-estabelecidas em norma de modo a detectar quais não eram atendidas, sendo estas submetidas à reparos. Por fim, foi possível concluir que sem a realização do *as built* a montagem de linhas de tubulação seriam completamente comprometidas devidos as inúmeras variações dimensionais encontradas.

ABSTRACT - This study aimed to show the importance of *as built* in projects pipe lines, through comparisons dimensional linear and angular between object made with the respective project. This procedure was performed using conventional surveying, where the data were processed in a CAD environment. The discrepancies were found compared with the pre-established norm so that they were not satisfied underwent repairs. Finally it was concluded that without the implementation of *as built* assembly of these objects would be completely compromised due to the many dimensional variations found.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado do ramo petroquímico no Brasil, especialmente após a implementação do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) notou-se que nunca a indústria petroquímica tenha recebido tantos investimentos como recebe agora, desta forma surgiu mercado para inúmeras áreas. (BRANCO, 2011).

Dentre estas áreas, a Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, por meio da Topografia industrial desponta como um grande mercado. A topografia industrial possui um conceito relativamente novo, embora usado desde que se teve a necessidade de se efetuar conferências de alinhamento e ou nivelamento em máquinas (equipamentos) no local em que as mesmas estavam instaladas e proferir caso necessário o acerto, ou indicações de necessidades para ajustes auxiliados pelo controle dimensional.

A aplicação da topografia industrial por meio do controle dimensional no setor petroquímico torna-se de suma importância, uma vez que máquinas instaladas incorretamente, ou seja, sem alinhamento ou fora do nível apresentarão um desgaste acelerado. No entanto possui também aplicação direta na fabricação e montagem de linhas de tubulações, pois necessita-se obter resultados próximos ao do projeto para que sejam obedecidas as tolerâncias pré-estabelecidas.

Desta forma este trabalho tem como objetivo apresentar detalhes do *As Built* seguido de controle dimensional voltados para fabricação de linhas tubulações, bem como avaliar as discrepâncias obtidas durante o processo de fabricação da linha de tubulação, de modo a verificar de maneira eficiente as características dimensionais de peças e subconjuntos a fim de se garantir uma perfeita montagem dos componentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Topografia industrial

A Palavra “Topografia” deriva das palavras gregas “topos” (lugar) e “graphen” (descrever), o que significa *a descrição exata e minuciosa de um lugar* e tem por finalidade determinar o *contorno, dimensão e posição relativa* de uma porção *limitada* da superfície terrestre. (DOMINGUES, 1979).

A topografia industrial, segundo Silva (2000), é uma componente da metrologia dimensional, que utiliza técnicas da topografia tradicional aplicadas ao desenvolvimento de obras de engenharia civil ou construções mecânicas de alta precisão. Para alcançar tais níveis de precisão, são utilizados cada vez mais, sistemas de medições compostos por equipamentos especiais e programas baseados, essencialmente na determinação e análise de pontos do espaço tridimensional.

Sendo assim a montagem industrial surge como um desafio permanente para o engenheiro, pois geralmente se desenvolve em locais com condições físicas complexas, uma vez que a nova estrutura deverá ser conectada a outras já existentes e com espaço físico restrito.

2.2 Controle dimensional ou geométrico

A definição de controle geométrico ou dimensional pode inicialmente parecer simples, mas a abrangência de significado dos termos conduz a uma diversidade de entendimento. Segundo BARROS (2001), controle pode ser entendido como “ato ou poder de controlar, ou a fiscalização exercida sobre as atividades de pessoas, órgãos, departamentos ou sobre produtos, para que tais atividades ou produtos não desviem das normas preestabelecidas”.

O termo geométrico ou dimensional, segundo o mesmo autor, é “relativo ou pertencente à geometria ou próprio dela”. Barros (2001) estabelece o conceito de controle como o “conjunto de atividades técnicas e planejadas através das quais, se pode alcançar uma meta e assegurar um nível predeterminado de qualidade” ou seja, controla-se uma qualidade.

Por fim Grangeiro (2007), salienta que a metrologia dimensional possui aplicação específica nos conceitos fundamentais de confiabilidade metrológica aos elementos que compõem as construções de plantas industriais de petróleo e gás, papel e celulose, petroquímicos, mineração e siderúrgicos. Deste modo, com o método de aplicação geral em qualquer processo de fabricação.

2.3 As *built* ou “como construído”

As built é uma expressão inglesa que significa “como construído”, no entanto dentro da área da arquitetura e engenharia a palavra “*as built*”, ganha um significado que é o levantamento das medidas existentes para posteriormente ser transformado em desenhos técnicos as informações levantadas. Ao comparar os dados levantados com os de projeto nota-se que na maioria das vezes existem tantas distorções de medidas que muitas vezes chega a ficar irreconhecível. (PINHAL, 2008).

As built é definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como sendo levantamento topográfico específico, integrante do procedimento fiscal de execução de obras na construção civil e industrial, que, amarrado ao mesmo sistema tridimensional de referência espacial adotado no projeto e utilizando instrumentalmente todos os processos adequados ao rigor exigido pelo procedimento fiscal, realiza o acompanhamento do projeto, passo a passo, até a sua conclusão. Este levantamento determina no seu desenvolvimento uma acurácia adequada, o posicionamento espacial das bases de assentamento e dos detalhes específicos da configuração espacial do projeto. (NBR 14645, 2000).

Quando deseja-se obter bons resultados em projetos de campo, torna-se importante ter em mãos um bom levantamento para que as informações coletadas possam ser tratadas com confiança pelo profissional. Para Vieira e Andrade (2007), o projeto *as built* é o conjunto de informações elaboradas na fase de supervisão e fiscalização de projetos com o objetivo de registrar as condições físicas e econômicas da execução deste, fornecendo elementos considerados relevantes para subsidiarem futuras intervenções, tais como: reformas, ampliação e/ou restauração. As alterações realizadas nos projetos que implicarem em novos dimensionamentos serão tratadas, exclusivamente, pelos respectivos projetistas, devendo o projeto de “Como Construído” ser elaborado a partir destes projetos alterados de modo que ao fim da produção e após a entrega do projeto, este deverá representar fielmente o objeto construído, com registros em um relatório das alterações verificadas durante a execução.

3 AS BUILD E CONTROLE DIMENSIONAL DE UMA LINHA DE TUBULAÇÃO

3.1 Área de estudo

Os levantamentos topográficos das linhas de tubulação foram realizados nos canteiros de obras das próprias empresas encarregadas pela fabricação e o processamento dos dados, seguidos do controle dimensional foram realizados na sede da empresa Hojuara As Built 3D, ambas situadas na Cidade de Macaé-RJ.

3.2 Materiais utilizados

Para a realização deste trabalho foram utilizados essencialmente os seguintes equipamentos e softwares:

- Laser Scanner Z + F Imager 5006 – Obtenção da nuvem de pontos da linha de tubulação a ser projetada, com precisão de 0,4 mm, alcance de 79 metros e taxa de medição de até 500.000 pontos por segundo;
- Estação Total Leica TCR 1105 – Levantamentos topográficos da linha de tubulação em sua fase de produção para fins de controle dimensional, com precisão linear de 2 mm + 2 ppm e precisão angular de 3”;
- Spike – Mini-prisma óptico utilizado para levantamento da linha de tubulação junto a estação;
- Paquímetro – Medir as dimensões dos *flanges*, tais como espessura e altura do ressalto;
- Software Cyclone – Projetar a linha de tubulação a partir da nuvem de pontos;
- Software AutoCad – Programa utilizado no controle dimensional dos *spools* levantados;
- Software D2CAD – Criação e análises rotacionais dos *flanges* e posicionamento do *spool* como o que consta em projeto;
- Software MicroStation – Utilizado para fazer o detalhamento do *spool* e comparação projeto / construído afim de verificar possíveis falhas no processo de fabricação.

3.3 Métodos

3.3.1 Projeto da linha de tubulação

Partindo da necessidade de substituição de uma linha de tubulação, uma empresa é contratada para confeccionar o projeto e assim seguir para fabricação dessa nova linha.

Para projetar tal linha de tubulação foi realizado um levantamento baseado na antiga linha e ainda existente na plataforma de petróleo. Utiliza-se um laser scanner para geração da nuvem de pontos, sendo esta dividida em várias cenas pelo fato da linha ser muito extensa e irregular. A união destas cenas é feita a partir de pontos de controle fixados estrategicamente próximo aos locais que se encontram a linha de tubulação desejada. Sendo assim as cenas foram unidas através destes pontos de controle que se encontra em ambas as cenas.

De posse da nuvem de pontos coletadas pelo laser scanner, suas cenas foram unidas por meio do software Cyclone baseado nos pontos de controle coletados. Feito isto, foi projetada toda linha de tubulação e encaminhada para fabricação como pode ser visto na Figura 1.

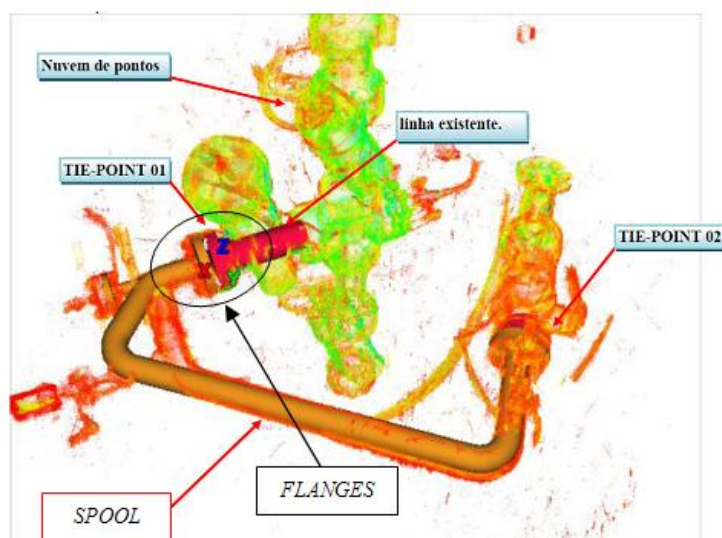


Figura 1. *Spool* projetado através da nuvem de pontos e ligado à linha existente por meio dos *Tie-Points* situados no centro de cada *flange*.

Algumas definições utilizadas durante este trabalho cabem ressaltar: *Spool* são subdivisões da linha de tubulação que ao serem unidos uns aos outros formarão a própria linha de tubulação; *Flange* é o elemento que une dois componentes de tubulações por meio de parafusos; *Tie-Point* é o ponto situado no centro de cada *flange* responsável pela perfeita união entre o *spool* projetado e o já existente.

3.2.2 Levantamento topográfico dos *spools* fabricados

Feito isto, após a confecção do *spool* partiu-se para seu levantamento topográfico, sendo levantado a cada trecho com solda um mínimo de três pontos com descrição de CF (Figura 2) que é a quantidade mínima necessária para se criar uma circunferência, mas que por questão de segurança geralmente coleta-se quatro ou cinco pontos dependendo da visibilidade da estação total em relação ao *spool*.

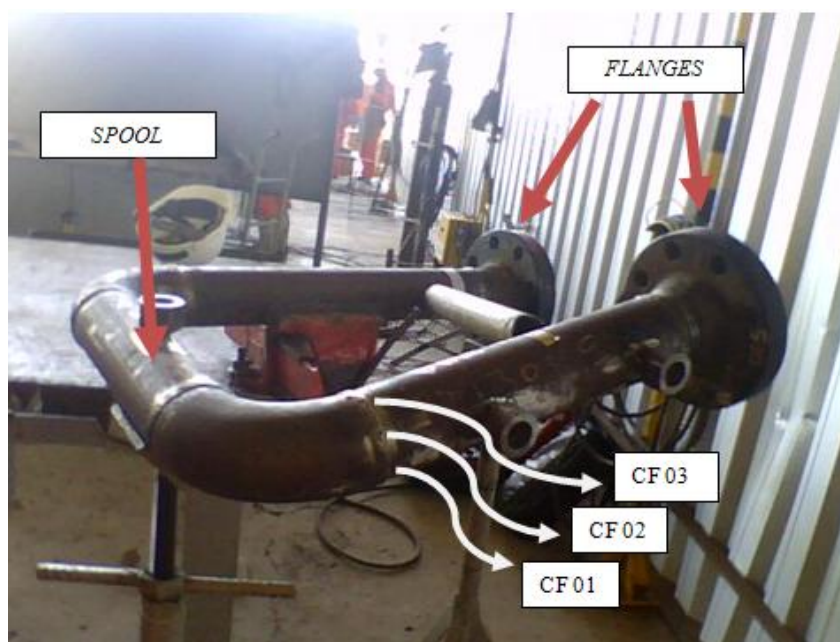


Figura 2. *Spool*, *flanges* e os pontos 1, 2 e 3 são os responsáveis pela geração do diâmetro do cilindro e possuem descrição CF.

Os *flanges*, são geradas pelo software D2CAD que exige que sejam coletados pontos referentes ao centro de no mínimo 3 furos do *flange* (BB) sendo estes coletados com auxílio de um tronco de cone que se ajusta ao furo do flange, o que possibilitou assim posicionar o mini-prisma exatamente no centro de cada furo. Além destes pontos, é necessária a coleta de outros pontos cuja determinação é baseada na visualização disponível de cada flange pela estação total, que quando visto frontalmente visa-se um mínimo de 3 pontos referentes ao ressalto do *flange* (RF) e 1 ponto da borda de trás do *flange* (BF). Quando visto por trás, coleta-se um mínimo de 3 pontos na borda da frente (FF) e outros 3 pontos na borda de trás do *flange* (BF). Em seguida, o próprio software gera automaticamente o *flange* com suas dimensões e posicionamento angular em que foi fabricado. Os pontos para o levantamento do *flange* referidos anteriormente podem ser observados na Figura 3.

3.2.3 Análise dimensional do *Spool*

Ao término do levantamento os pontos foram descarregados em ambiente CAD (Figura 4) para realização do controle dimensional linear e angular do respectivo *spool*.

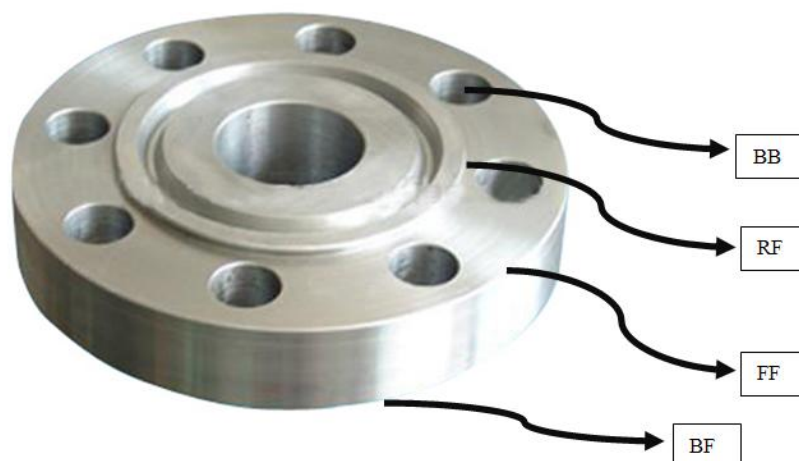


Figura 3. Flange e as descrições de cada ponto coletado. BB – furo, RF – ressalto, FF – Frente e BF – Borda de trás do flange.

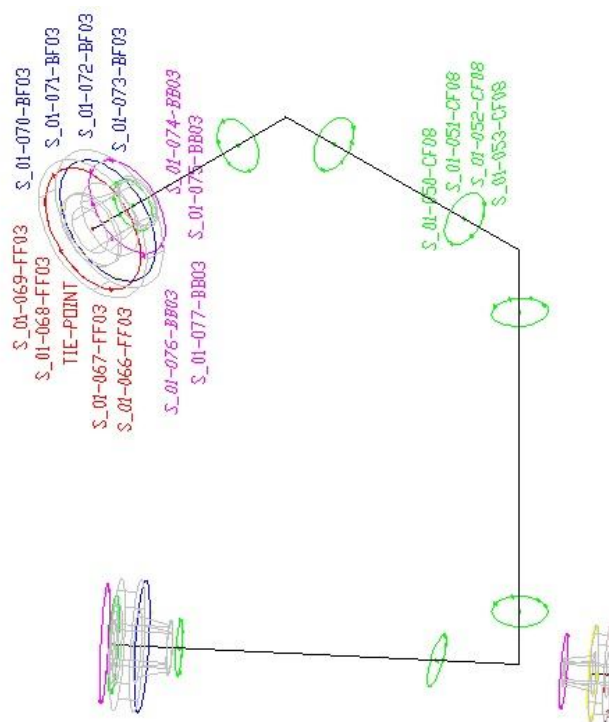


Figura 4. Arquivo descarregado em ambiente CAD com descrição de cada ponto coletado do flange e do spool, bem como a linha eixo que passa pelo centro do cilindro.

3.2.4 Simulação de montagem do spool fabricado

Para fins de ilustração, dos diversos spools levantados, dois foram escolhidos para representar visualmente uma simulação de montagem, uma vez que os outros apresentaram resultados semelhantes com os que aqui serão apresentados. Um spool teve seu controle dimensional completamente atendido e o outro apresentou discrepâncias em suas dimensões e tiveram que ser submetidos a correções para só depois serem liberados.

Desta forma a Figura 5 mostra a simulação em que o spool atendeu as tolerâncias exigidas e assim foi liberado para embarque sem necessidade de correções.

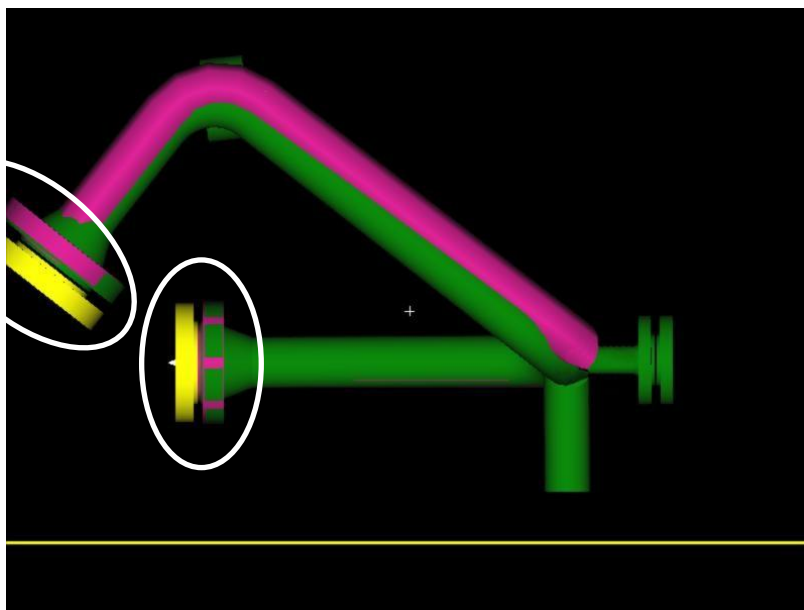


Figura 5. Linha Discrepâncias entre *spool* projetado (verde) e fabricado (rosa) atendidas - vide os flanges.

Já a Figura 6 apresenta um *spool* em que sua montagem poderia ser perfeitamente realizada não fosse pela dimensão de um de seus lados que apresentou comprimento maior do que o de seu projeto e uma pequena discrepância encontrada no *flange*.

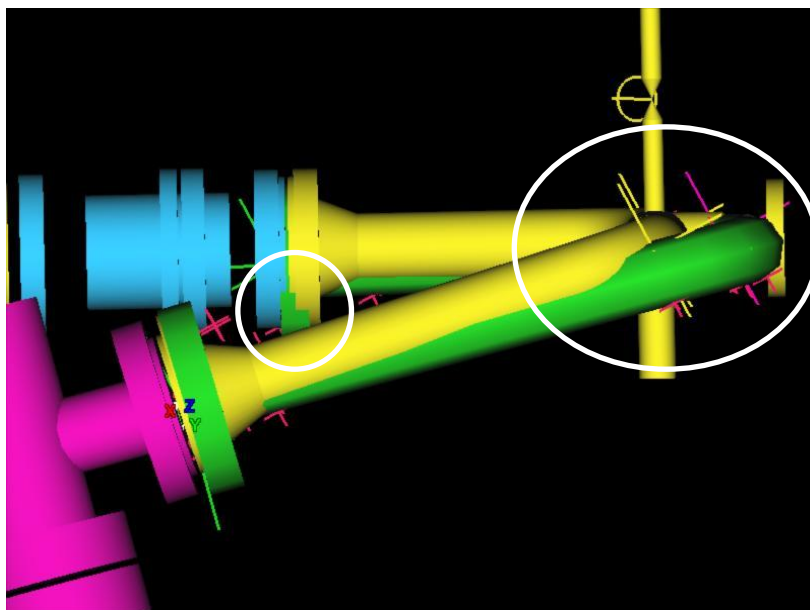


Figura 6. Discrepância no *flange* e na dimensão do *spool*.

3.2.5 Elaboração do relatório final

Localizadas as discrepâncias parte-se para a confecção do relatório final do *as built*, de forma a detalhar todas as diferenças encontrados através do controle dimensional de cada *spool*, sendo acompanhados de imagens ilustrativas de diversas vistas diferentes, uma imagem 3D do *spool* em questão e seu detalhamento com todos os desvios representados. As correções a serem realizadas são representadas pelos eixos (X, Y, Z) como mostra a Figura 7.

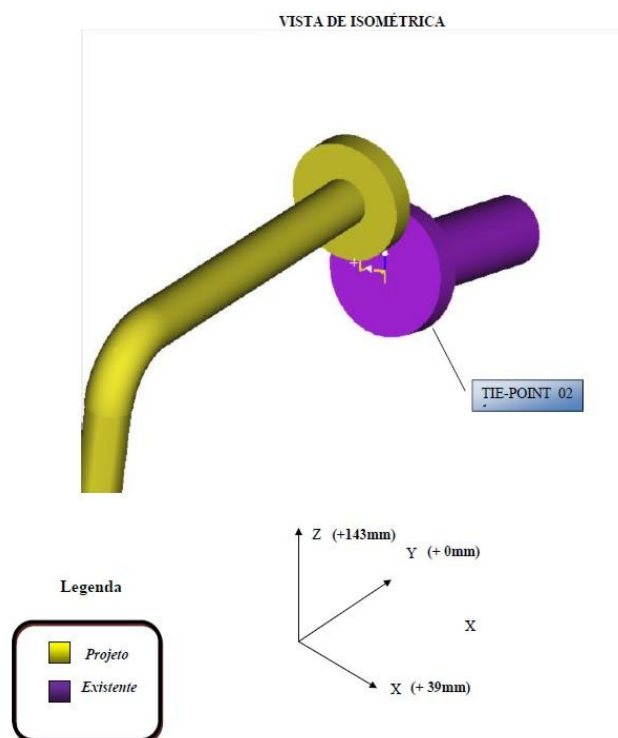


Figura 1. Correções a serem efetuadas no *spool* fabricado (amarelo)

3.2.6 Discrepâncias encontradas

De modo comparativo foram tomados 5 *spools* como exemplo, onde nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as medidas lineares e angulares, além das discrepâncias correspondentes a cada *spool* e *flange* respectivamente, já a Tabela 3 diz respeito as discrepâncias do alinhamento da junção como observadas na Figura 7. Vale salientar que todas estas tolerâncias estão presentes na Norma PETROBRAS N-115.

Tabela 1. Dimensões e discrepâncias lineares pertinentes a cada seguimento do *spool*.

Componentes Lineares		Projetado	Levantado	Discrepâncias	Tolerâncias	Situação
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Spool 1	Distância face a face, centro a centro	441	444	3	3	ok
		523	525	2	3	ok
		809	808	1	3	ok
		148	148	0	3	ok
		645	647	2	3	ok
Spool 2	Distância face a face, centro a centro	540	543	3	3	ok
		2656	2661	5	3	Reparar
Spool 3	Distância face a face, centro a centro	1093	1096	3	3	ok
		1105	1109	4	3	Reparar
Spool 4	Distância face a face, centro a centro	518	518	0	3	ok
Spool 5	Distância face a face, centro a centro	1273	1275	2	3	ok
		5323	5326	3	3	ok

Tabela 2. Dimensões e discrepâncias angulares pertinentes a cada flange.

Componentes Angulares			Projetado		Levantado		Discrepâncias		Tolerâncias		Situação
			Grau(°)	min (')	Grau(°)	min (')	Grau(°)	min (')	ΔGrau(°)	Δmin (')	
Spool 1	Flange A-A	Rotação	23	30	23	30	0	0	0,5	0	ok
		Inclinação	90	0	90	0	0	0	0,5	0	ok
	Flange B-B	Rotação	25	30	26	13	0	43	0,5	0	Reparar
		Inclinação	90	0	90	0	0	0	0,5	0	ok
	Flange C-C	Rotação	25	30	25	30	0	0	0,5	0	ok
		Inclinação	90	0	90	0	0	0	0,5	0	ok
Spool 2	Flange A-A	Rotação	45	0	44	0	1	0	0,5	0	Reparar
		Inclinação	90	0	91	40	1	40	0,5	0	Reparar
	Flange B-B	Rotação	45	0	43	0	2	0	0,5	0	Reparar
		Inclinação	90	0	90	0	0	0	0,5	0	ok
Spool 3	Flange A-A	Rotação	45	0	45	0	0	0	0,5	0	ok
		Inclinação	90	0	90	0	0	0	0,5	0	ok
	Flange B-B	Rotação	45	0	45	0	0	0	0,5	0	ok
		Inclinação	90	0	90	0	0	0	0,5	0	ok
Spool 4	Flange A-A	Rotação	45	0	45	0	0	0	0,5	0	ok
		Inclinação	90	0	90	0	0	0	0,5	0	ok
	Flange B-B	Rotação	45	0	45	0	0	0	0,5	0	ok
		Inclinação	90	0	91	23	1	23	0,5	0	Reparar
Spool 5	Flange A-A	Rotação	45	0	44	0	1	0	0,5	0	Reparar
		Inclinação	90	0	90	0	0	0	0,5	0	ok
	Flange B-B	Rotação	45	0	44	0	1	0	0,5	0	Reparar
		Inclinação	90	0	89	0	1	0	0,5	0	Reparar

Tabela 3. Discrepâncias e tolerâncias a serem aplicadas a cada spool.

Correções Cartesianas		Discrepâncias (mm)			Tolerâncias (mm)			Situação
		Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	
Spool 1	Alinhamento da junção	-	0	-	-	1,5	-	ok
	Afastamento do flange	39	-	-143	1,5	-	1,5	Reparar
Spool 2	Alinhamento da junção	-	-13	-	-	1,5	-	Reparar
	Afastamento do flange	8	-	8	1,5	-	1,5	Reparar
Spool 3	Alinhamento da junção	-	0	-	-	1,5	-	ok
	Afastamento do flange	11	-	4	1,5	-	1,5	Reparar
Spool 4	Alinhamento da junção	-	11	-	-	1,5	-	Reparar
	Afastamento do flange	-9	-	-33	1,5	-	1,5	Reparar
Spool 5	Alinhamento da junção	-	17	-	-	1,5	-	Reparar
	Afastamento do flange	8	-	-5	1,5	-	1,5	Reparar

4 CONCLUSÕES

Como pode ser observado, o projeto foi acompanhado desde a coleta de dados para projetar uma linha de tubulação, passando por todos os demais levantamentos topográficos e processamentos até que este fosse finalizado. Atendendo a todos os padrões de qualidades estipulados pelas normas.

Durante esse processo de fabricação foi possível observar o quanto é difícil evitar os erros para que os objetos fabricados se aproximem de seus respectivos projetos, tendo em vista que o processo de fabricação é realizado por meio de mão-de-obra humana.

Sendo assim, diante de tantas formas de erros, a ferramenta *as built* passa a ser indispensável nesses tipos de projetos a fim de detectar e evitá-los.

Por fim, pode-se concluir que sem a realização de tais procedimentos estes projetos seriam completamente inviáveis de serem realizados, pois um erro não detectado em um *spool* implicaria em sérios problemas futuros, o que tornaria esta linha de tubulação impossível de ser montada, ainda mais por se tratar de objetos feitos de material pouco flexível e de difícil manuseio.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Elaboração do “Como Construído” (As Built) para edificações.** NBR 14645. 2000.

ABNT. **Execução de levantamento topográfico.** NBR 13133. 1994.

BARROS, E. O. - **Controle geométrico da estrutura de concreto de edifícios como ferramenta da racionalização construtiva.** Dissertação (mestrado)-Escola Politécnica – USP. São Paulo, 136p. 2001.

BRANCO R. **Industria petroquímica é a chave para o crescimento profissional** – Retirado de: <http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/2911-industria-petroquimica-e-a-chave-para-o-crescimento-profissional>, Acessado em: 07/05/2011.

DOMINGUES, F. A. A. - **Topografia e astronomia de posição para engenheiros e arquitetos.** São Paulo/SP, 403p. 1979.

GRANGEIRO R. **Controle dimensional.** Revista Abende, nº 22. 2007.

PETROBRAS. **Cadastramento de imóveis em levantamento topográfico-cadastral** – Procedimento - N1041, 1988.

PETROBRAS. **Controle dimensional - Qualificação de pessoal** – Procedimento – N2109, 2007.

PETROBRAS. **Levantamento topográfico – Procedimento** – N47, 2005.

PETROBRAS. **Montagem de tubulações metálicas** – N115, 2002.

PINHAL, P - *As Built*, 2008 – Retirado de: <http://www.pinhalarquitetura.com.br/artigos.html>, Acessado em: 10/05/2011.

SILVA, I. **Topografia Industrial: Um campo com muitas oportunidades.** Redação MundoGEO. 2000 – Retirado de: <http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/topografia-industrial-um-campo-com-muitas-oportunidades>, Acessado em: 04/05/2011.

VIEIRA P. L., ANDRADE R. D. **Termo de referência para elaboração de projeto como construído (As Built).** Estudo Preliminar - CREA-PB e IBEC-PB, Paraíba, 2007.