



XXVIII CONAEND&IEV – 070
TOMOGRAFIA INDUSTRIAL COMPUTADORIZADA
Marcio I. Haraguch¹, Hae Yong Kim², Ronaldo de Oliveira Machado³

Copyright 2009, ABENDI, PROMAI.

Trabalho apresentado durante a XXVIII – Congresso Nacional de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção.

14º IEV – Conferência Internacional sobre Evaluación de Integridad y Extensión de Vida de Equipos Industriales.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

SINOPSE

A técnica de tomografia computadorizada está disponível para uso médico há mais de 30 anos, possuindo atualmente níveis de sofisticação e precisão surpreendentes. Apesar de empregar os mesmos conceitos, uma aplicação de tomografia em um equipamento industrial esbarra em uma série de desafios, dificuldades e limitações, que impõe a necessidade de elaborar todo um programa de desenvolvimento para transpor a técnica de uma escala de laboratório para campo.

A Tricom, em colaboração com prof. Hae Yong Kim da Escola Politécnica, USP, desenvolveu protótipo de um tomógrafo para equipamentos industriais. Este tomógrafo foi usado para investigar dois problemas práticos da Braskem UNIB RS que relatamos neste artigo. Apesar disso, o nosso tomógrafo ainda tem limitações e aperfeiçoamentos a serem implementados.

Introdução

Na indústria de produção contínua, a performance dos equipamentos de processo é analisada com um modelo de processo em função de suas variáveis operacionais, da qualidade dos insumos e produtos. Com o advento de processos, projetos e operações cada vez mais complexas e com limites mais apertados, o uso de tecnologias de END (Ensaio Não Destrutivos) para validar, verificar ou diagnosticar on-line o modelo de processo tem sido empregadas. Técnicas que eram citadas apenas em literatura, em artigos científicos ou em aplicações de ponta aos poucos migram para o uso em campo. Técnicas como a Perfilagem de

1) Eng. Mecânico, Marcio I. Haraguchi, Tricom Tecnologia e Serv. de Man. Ind. Ltda, marcio@tricomtecnologia.com.br.

2) Dr Eng Eletrica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, hae@lps.usp.br.

3) Eng. Mecânico, Ronaldo de Oliveira Machado, Brakem UNIB RS, ronaldo.machado@braskem.com.br

Colunas, Traçadores Químicos ou Radioativos, e a Tomografia Industrial tornam se prática cada vez mais comum e representam uma das mais poderosas ferramentas para análise em operação de equipamentos de processo.

A Tricom Tecnologia é uma empresa especializada no diagnóstico de processos de equipamentos industriais e iniciou em 2008 uma linha de pesquisa e desenvolvimento para desenvolver um sistema de Tomografia Computadorizada de Equipamentos de Processos Industriais, que complementasse as técnicas que já dispunha e também gerasse novas oportunidades para a empresa. Este trabalho resume os esforços realizados nessa frente.

Equipamentos de Processo

O desempenho de equipamentos pode ser medido, compreendido e projetado através de um modelo de processo (figura 1), cujas variáveis de entrada podem ser medidas diretamente (Temperatura, Pressão, Vazão, Nível, etc.) ou determinadas (Composição, Consumo de calor, Mistura, Reação, Insumos, etc.). Estes modelos, elaborados considerando algumas premissas de projeto, normalmente são robustos o suficiente para levar em conta todos os erros normais de medição e variação advindos da leitura de seus parâmetros. Todavia ainda não existem modelos capazes de sozinhos alterar suas premissas de projeto.

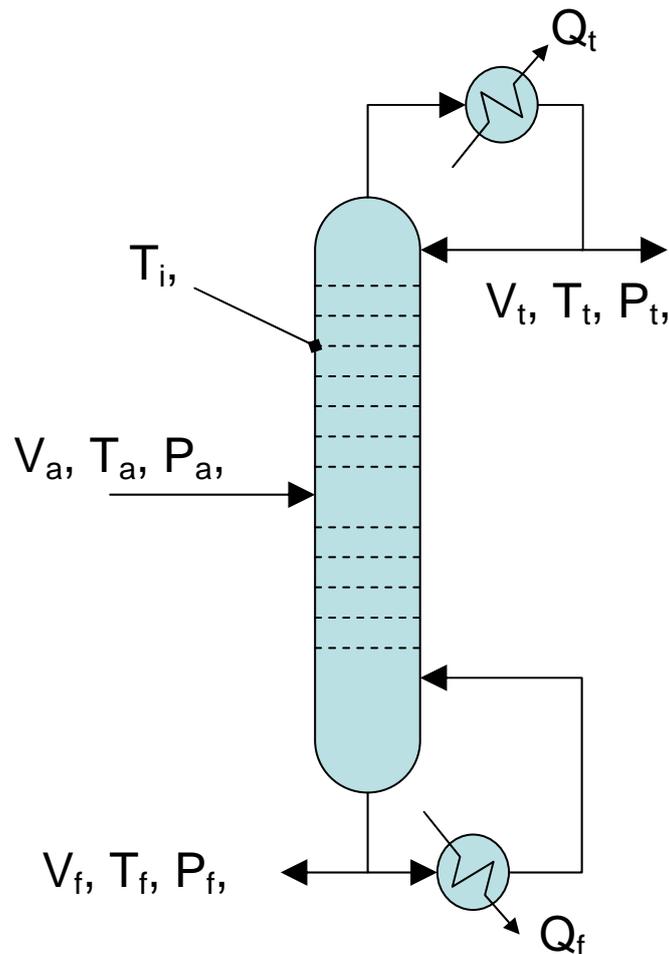


Figura 1 – Esquema geral de um equipamento de processo.

Modelos de processo baseiam-se em algumas características, consideradas constantes, controladas e conhecidas:

- **Físicas** – dimensões, área, volume, funcionamento do equipamento e componentes, nivelamento, vibração, etc.
- **De processo** – pureza, fenômeno físico-químico preponderante, composição, etc.
- **De operação** – tempo de residência, distribuição, temperatura, pressão, vazão, etc.

Obviamente, modelos não levam em conta tudo o que tem caráter aleatório, incontrolado, desconhecido ou até humano:

- **Físicas** – corrosão, danos mecânicos, problemas de montagem, etc.
- **De processo** – contaminação, fenômeno físico-químico inesperado, sedimentação, saturação, etc.
- **De operação** – distúrbios operacionais, erro de leitura de instrumentos, coqueamento, etc.
- **Humano** – problemas de projeto, adaptações, esquecimentos, etc.

Neste contexto é que alguns ENDS especiais tem seu principal foco de atuação, pois permitem validar processos e avaliar problemas de equipamentos enquanto estão em operação.

Atualmente o uso destas técnicas tem se espalhado, para além das engenharias de processos e operações, para outros campos de engenharia das plantas industriais:

- **Manutenção** – avaliação de on-line de equipamentos
- **Planejamento de parada** – abertura de equipamentos, compra de insumos, extensão de trabalhos, etc.
- **Projetos e revamps** – verificação de gargalos, acompanhamento de partidas, baselines, estudo de performance, etc.
- **Práticas preditivas** – monitoramento de equipamentos críticos, etc.

Tomografia computadorizada

O processo de obter imagens espaciais de um objeto a partir de suas projeções é chamado de reconstrução. O cérebro humano é altamente especializado em converter imagens bidimensionais num mapa tridimensional. Assim sabemos qual o formato espacial de uma cadeira, por exemplo, simplesmente olhado para ela, pois nosso cérebro combina duas imagens bidimensionais numa visão estereoscópica. Quando analisamos um desenho técnico, fazemos o mesmo, construindo uma imagem tridimensional de um objeto a partir das vistas bidimensionais dele (figura 2).

Apesar de bastante intuitivo, um processo matemático que permitiria a reconstrução de imagens só foi publicado em 1963/64 pelo físico sul africano Allan Cormack e implementado na primeira máquina tomográfica em 1972, feita nos laboratórios da EMI, por Godfrey Hounsfield (figura 3). Este trabalho que lhes rendeu o prêmio Nobel de Medicina em 1979 foi curiosamente financiado com os lucros obtidos do famoso álbum Sergeant Pepper's Lonely Heart's Club Band dos Beatles.

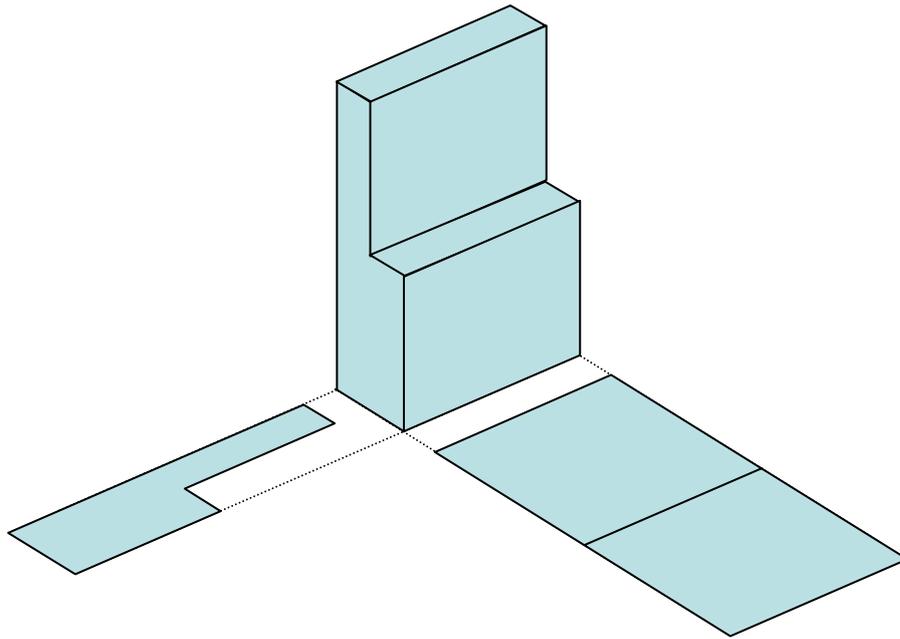


Figura 2 – Reconstrução a partir de projeções.

Atualmente tomógrafos hospitalares, de pesquisa e de bancada tem altíssima sofisticação e apresentam ótima qualidade de imagens e velocidade das imagens reconstruídas. Os primeiros tomógrafos funcionavam medindo a atenuação da radiação, mas outros princípios físicos podem ser empregados para gerar imagens como resistividade elétrica e a velocidade de propagação do som.

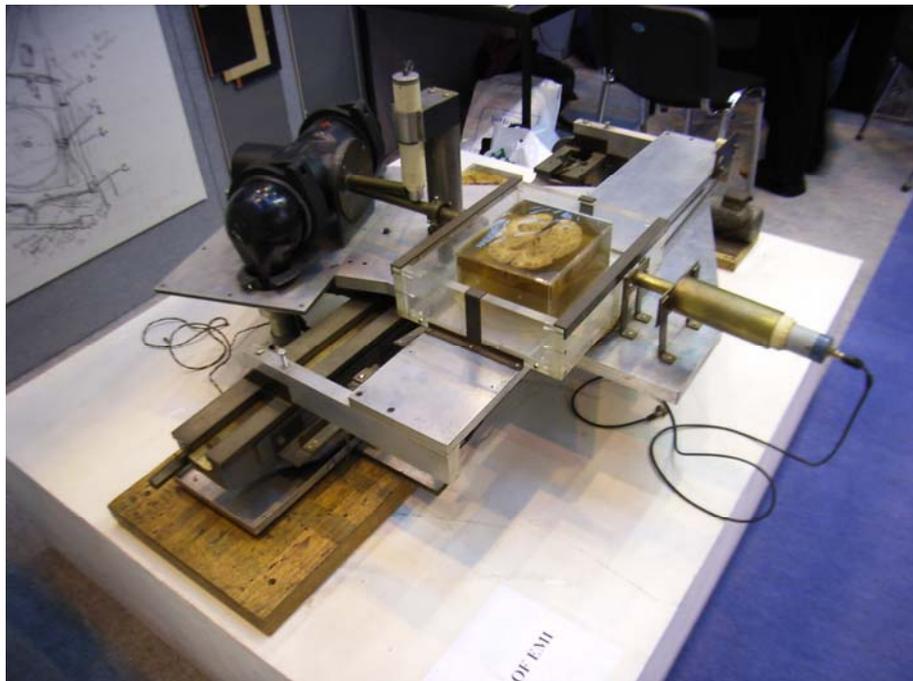


Figura 3 – O primeiro tomógrafo construído no laboratório da EMI em 1972, Wikipedia Foundation Inc., <http://en.wikipedia.org/wiki/File:RIMG0277.JPG> .

Princípios Físicos

Qualquer objeto em estudo (um paciente, uma torre de destilação, um tronco de árvore, uma peça fundida, etc.) é analisado com maior facilidade se obtivermos imagens da qual possamos visualizar os eventuais problemas que podem ocorrer (um câncer, um entupimento, uma trinca, uma falha de fundição, etc.). Por isso a reconstrução fiel de imagens para diagnóstico é muito importante.

Assim, podemos usar vários princípios físicos:

- Atenuação da radiação – Tomografia convencional (figura 4).
- Velocidade de propagação do som – Tomografia sísmica, acústica, oceânica (figura 7).
- Resistividade, Impedância e Capacitância – Tomografia elétrica.
- Absorção de luz – Tomografia ótica.

Usualmente analisa-se alguma grandeza física que possa ser medida no objeto e que varia apenas com a constituição deste meio. Por exemplo, na figura abaixo, a atenuação da radiação.

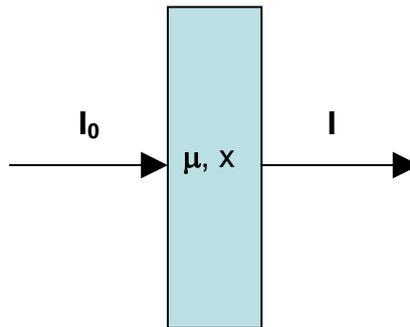


Figura 4 – Esquema da atenuação da radiação

A atenuação da radiação pode se expressa com a seguinte expressão:

$$I = I_0 \cdot f(\mu, x)$$

Aonde μ é o coeficiente de atenuação linear do meio para uma determinada energia e x é a espessura do objeto.

Se esta propriedade física varia ao longo de um caminho dentro do objeto, podemos representar a função como um produto de funções, conforme mostrado na figura 5:

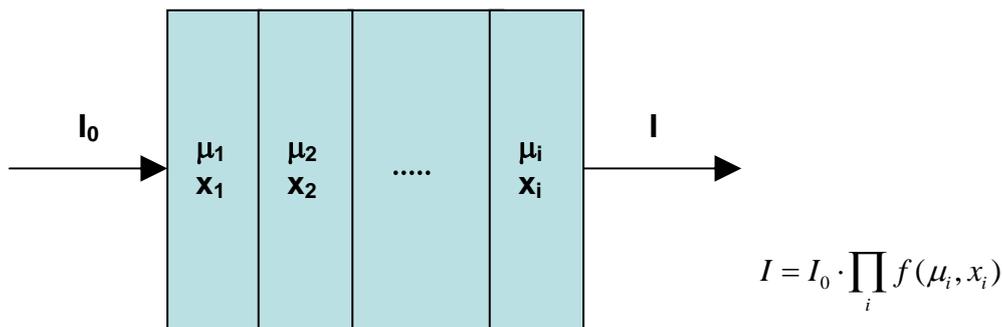


Figura 5 – Esquema da atenuação da radiação num caminho

O processo de reconstrução de imagens garante que podemos obter a distribuição desta propriedade dentro de uma região em análise, com um número limitado de medidas, usando um algoritmo matemático ou iterativo (figura 6).

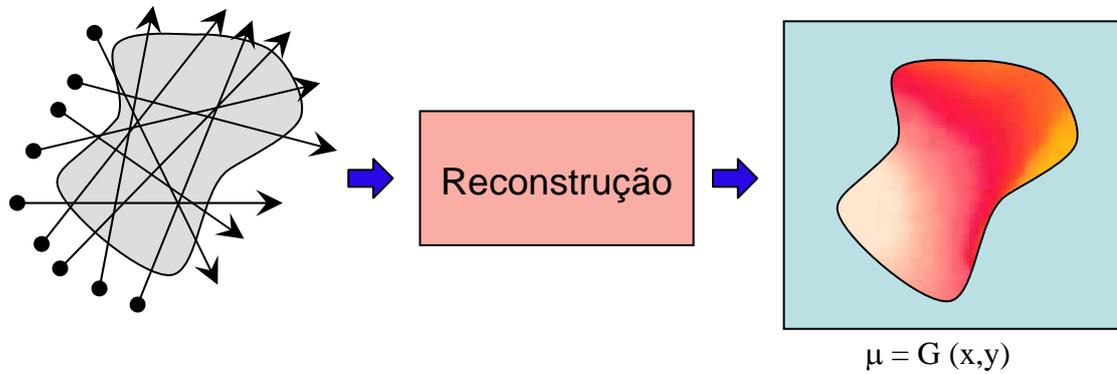


Figura 6 – Posicionamento e reconstrução

Apesar de muito interessante, este trabalho não aborda em maiores detalhes os métodos e procedimentos de reconstrução de imagens.

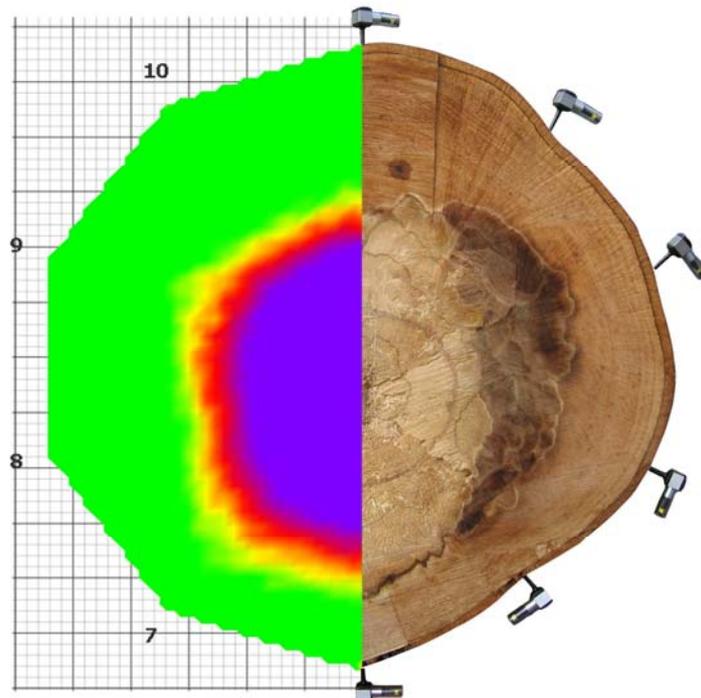
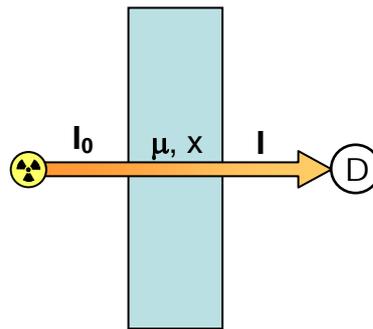


Figura 7 - Fakopp 3D Acoustic Tomograph, tomografia acústica de troncos de árvores, Fakopp Enterprise, <http://rewq.org/fakopp/wordpress/wp-content/uploads/2009/10/apps-treestab-f3d.jpg> .

Funcionamento Básico

Em princípio, desde que sejam conhecidos os pontos de emissão e recepção de sinais, uma imagem tomográfica pode ser obtida de qualquer tipo de arranjo espacial. Em muitos casos, a própria constituição do sistema de medição impõe uma geometria ou parte-se de uma geometria conhecida por facilidade de implementação de uma rotina de tratamento de dados.

Um pouco mais especificamente a este trabalho, os tomógrafos convencionais funcionam através do princípio da atenuação da radiação, analiticamente expressada pela lei de Beer-Lambert (figura 8):



$$I = I_0 \cdot f(\mu, x) = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

Figura 8 – Lei de Beer-Lambert

Diversas configurações de equipamento podem ser encontradas, as figuras 9, 10 e 11 ilustram os tipos gerais das cinco gerações de tomógrafos, sendo que as principais diferenças estão no tempo necessário para a amostragem de dados, na complexidade crescente e flexibilidade decrescente. Assim um tomógrafo de 1ª geração é mais versátil, mas pode levar horas para completar a amostragem; enquanto que já existem tomógrafos de 5ª geração que podem registrar 10 mil quadros por segundo.

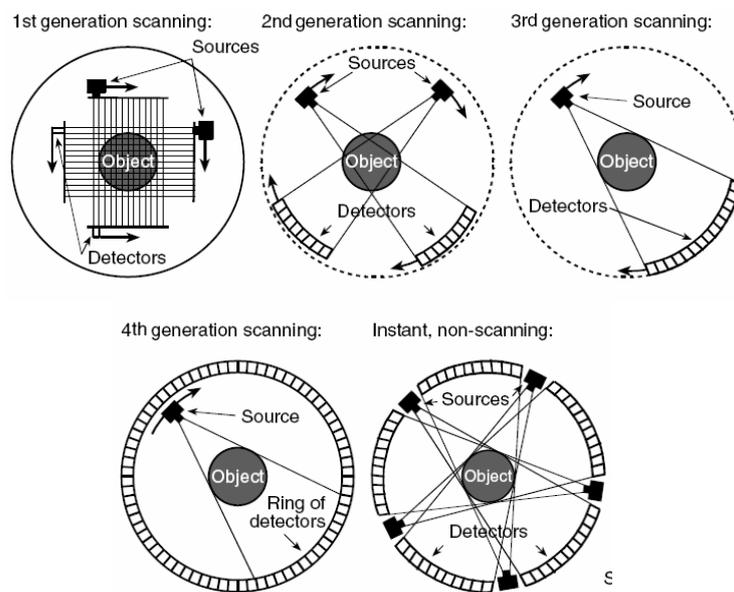


Figura 9 – Modalidades gerais de tomografia, do Radioisotope Gauges for Industrial Process Measurements, Geir A Johansen e Peter Jackson, 2004, John Wiley & Sons [1].



Figura 10 – Tomógrafo de bancada de 3ª geração para análise de peças, do web site da XYLON International X-ray GmbH [3].

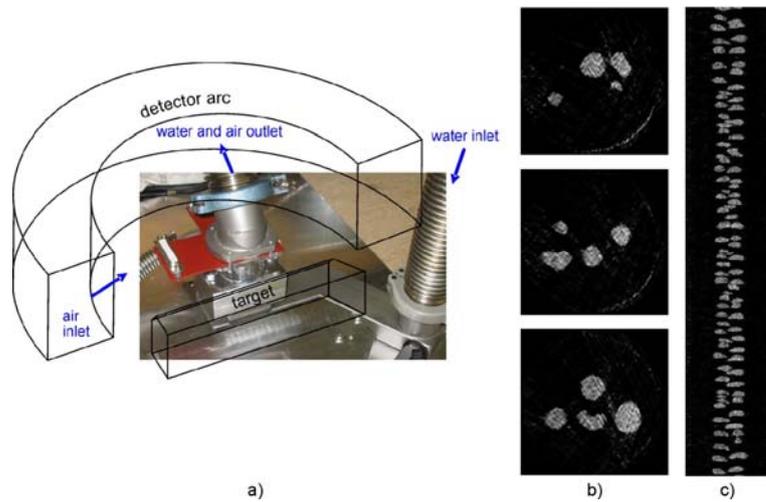


Figura 11 - Tomografia por Raios X de alta velocidade, Experimento de bolhas de ar em água, do web site da Universidade de Dusseldorf.

Requisitos de implementação



Figura 12 – Refinaria de petróleo, arquivo Tricom

Por diversos fatores, nenhum sistema comercial atualmente existente é adequado especificamente para END de equipamentos de processo industriais (figura 12) aonde alguns fatores entram em cena:

- Dificuldades com portabilidade, peso, montagem e transporte;
- Ambientes hostis, intempérie, acessibilidade;
- Características do processo,
- Arranjo físico diverso, componentes, material e espessura do equipamento em análise;

Assim, um projeto de tomografia viável para aplicações industriais deveria ter as seguintes qualidades:

- Compacto, leve e de fácil montagem e manutenção.
- Robusto, redundante
- Flexível, podendo ser montado em equipamentos de diferentes tamanhos.
- Sensível, podendo coletar dados através de grandes espessuras de parede e larguras de processo.
- Confiável, podendo trabalhar em diferentes temperaturas, sob vibração, ruído, etc.
- Automatização – eleger um sistema passível de automatização

Adicionalmente, é preciso obter um ótimo balanço entre praticidade e qualidade de imagem definida pelas seguintes características:

- Precisão – certeza sobre os valores da grandeza física medida e reconstruída;
- Resolução – tamanho da imagem gerada ou tamanho do menor detalhe visualizável;
- Contraste – diferenciação de valores medidos
- Nitidez – visualização de bordas

- Velocidade – tempo para realizar uma tomografia
- Tempo de resposta – tempo para gerar um tomografia

Finalmente, há outros fatores que também influenciam a formatação do projeto.

- Financeiro – custo de investimento e estimativa de retorno
- Comercial – valor comercial aceitável pelo mercado
- Técnico – nível de detalhamento desejado numa investigação

Tomografias Industriais no Brasil

Tem-se conhecimento que ao menos dois projetos de tomografia industrial foram feitos no Brasil, empregando a técnica TRU-CAT scan da empresa americana Tru-Tec Services:

- Riser do Reator da UFCC-2 da REPLAN em 1999, 10 tomografias em 4 elevações diferentes do riser de 1 m de diâmetro.
- Colunas Atmosféricas da REPLAN em 2000, 8 tomografias em 2 elevações diferentes em colunas com 7 m de diâmetro.

A Tru-Tec empregou-se um esquema tomográfico de segunda geração com 81 cordas, distribuídas em 9 posições cada uma com 9 tomadas de dados (figura 13). O equipamento constava de um sistema de fonte radioativa, detecção de radiação e coleta de dados empregados nos serviços de perfilagem de colunas. Uma das grandes vantagens deste sistema é que possui todos os requisitos desejados para um sistema tomográfico de campo, necessitando apenas de algumas adaptações para ser corretamente posicionado.

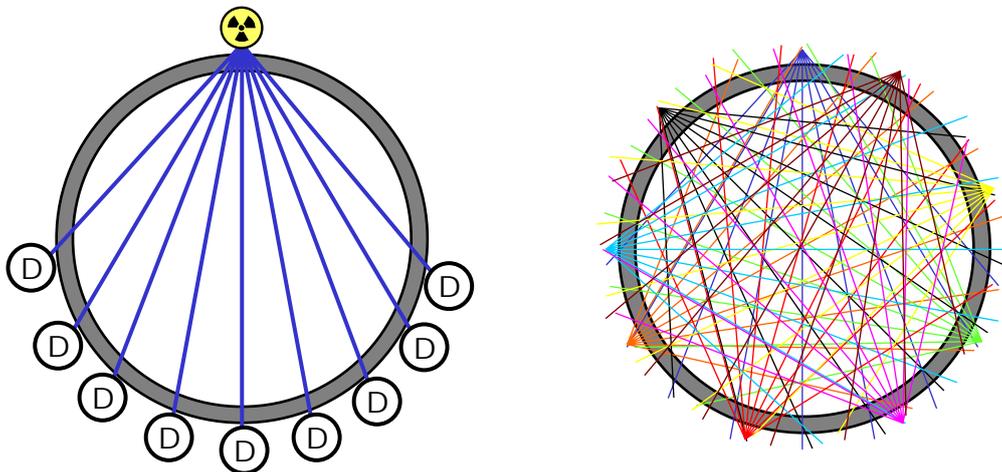


Figura 13 – Esquema 9x9 típico de tomografia industrial empregado na indústria.

As imagens tomográficas eram obtidas então empregando se um algoritmo de reconstrução desenvolvido em Microsoft Excel (figura 14):

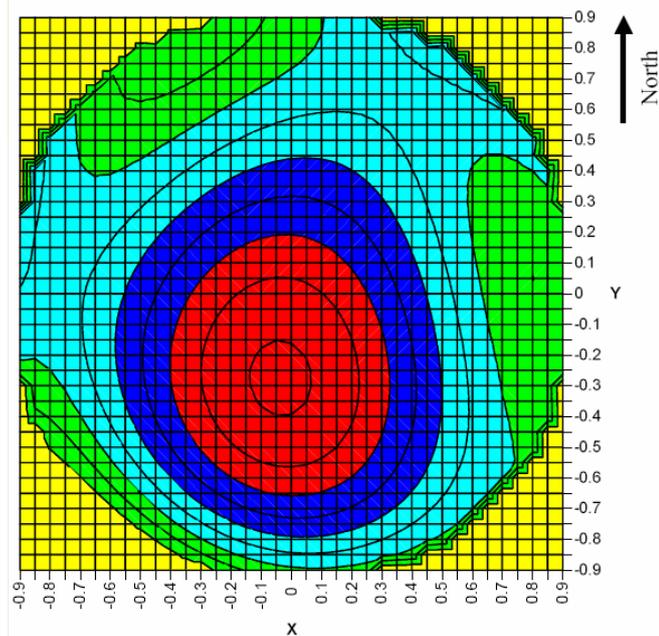


Figura 14– Tomografia típica do TRU-CAT scan. Xu, S. , Kenedy, G. Tru-Tec Services Inc. Computer-Aided Tomography of Industrial Packed Columns, AIChE 1999 [2].

A experiência com estes testes serviu para indicar outros pontos a pesquisar e considerar no projeto e implementação de um projeto.

- Calibração dos equipamentos – procedimentos padrão, sensibilidade e precisão dos valores medidos.
- Limitação de equipamentos – alcance e precisão das fontes radioativas, limites de detecção dos sensores.
- Arranjo e flexibilidade de equipamentos – modalidades de tomografia e disposição física dos equipamentos.
- Apresentação de resultados – formato e resolução do gráfico de saída,
- Tratamento de dados – uso de filtros digitais.

Projeto piloto

Tendo em vista todos os requisitos apresentados acima, elaboramos uma série de testes de bancada para obter conhecimento e testar soluções para a implementação de um sistema tomográfico:

- Testes com fonte e detector – verificar limitações com atividades de fontes, sistema de colimação e construção física de equipamentos. Verificar limitações do sistema eletrônico, criar um modelo matemático para o sistema, criar e validar sistemas de calibração e ajuste.
- Testes com modelos de tomografia – projetar e verificar soluções para a implementação de modelos de tomógrafos de 1^a, 2^a e 3^a gerações em campo.
- Testes com o software de reconstrução de imagens – testar a qualidade das reconstruções com diferentes configurações de arranjos tomográficos e espécimes de estudo. Testar formato de dados e filtros digitais.

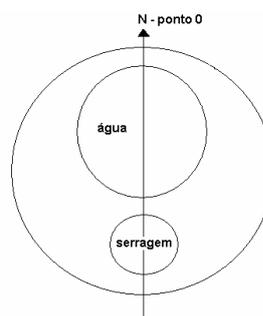


Figura 15 - Primeiro arranjo tomográfico testado, para verificar potencialidade do método [4]

As reconstruções foram feitas através de um algoritmo iterativo derivado do ART (Algebraic Reconstruction Technique). Este algoritmo aceita qualquer arranjo espacial de emissor/detector, onde alguns dados podem até mesmo estar ausentes, o que facilita a aquisição dos dados em campo. Dependendo do filtro utilizado, este algoritmo pode privilegiar as imagens reconstruídas com transições suaves ou abruptas de densidade (figura 16). O algoritmo utiliza conceitos semelhantes aos da teoria "compressed sensing", recentemente desenvolvida.

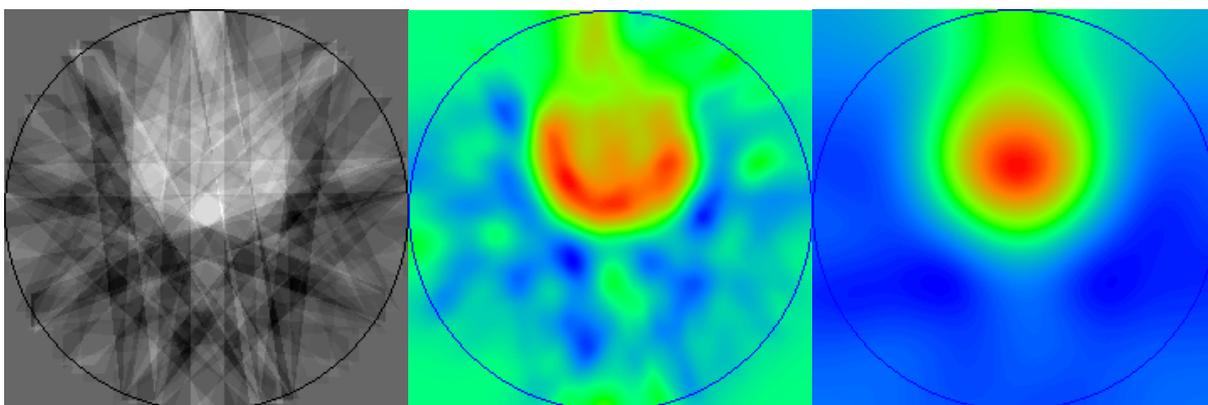


Figura 16 – Tomografias reconstruídas, sob diferentes filtros digitais.



Figura 17 – Arranjo de bancada para testes de equipamentos, validação e calibração.

Com os testes de bancada foi possível estabelecer a validade e aplicabilidade dos modelos de sistemas tomográficos de 1ª e 2ª geração para, respectivamente, equipamentos de menor porte (< de 0,50 cm de diâmetro) e equipamentos de médio e grande porte (figura 17).

Devido à facilidade de implementação diversos testes com um sistema de 2ª geração foram executados em um vaso. Os espécimes simulavam algumas condições encontradas na indústria (figura 18).

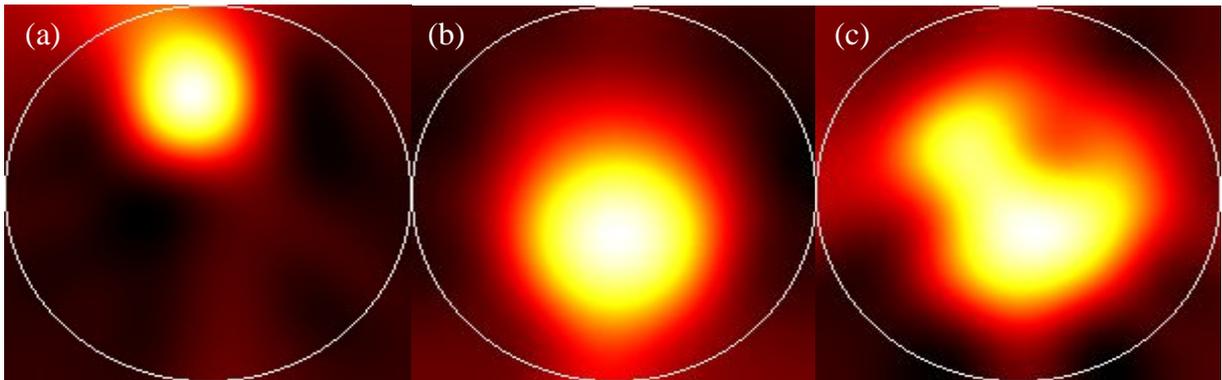


Figura 18 – Reconstruções tomográficas obtidas de um vaso. (a) Vaso vazio com cilindro de chumbo; (b) Vaso cheio de água com cilindro de chumbo; (c) Vaso cheio de água com cilindro vazio (ar) e cilindro de poliuretano. As cores representam densidades relativas.

Ainda na fase de pesquisa, construiu-se um protótipo de tomógrafo de 2ª geração para avaliar um espécime de tubulação com incrustação de coque enviado por um cliente (figuras 19 e 20).



Figura 19 – Protótipo de tomógrafo de 2ª geração.

Neste estágio de desenvolvimento, mesmo empregando um sistema simples que impõe dificuldades tanto na execução da tomada de dados, como na obtenção de uma imagem mais nítida e de valores mais precisos de densidade, pode-se dizer que foram alcançados resultados interessantes que permitem visualizar qualitativamente a distribuição de densidades e, até mesmo, avaliar a sua variação relativa em uma tomografia.

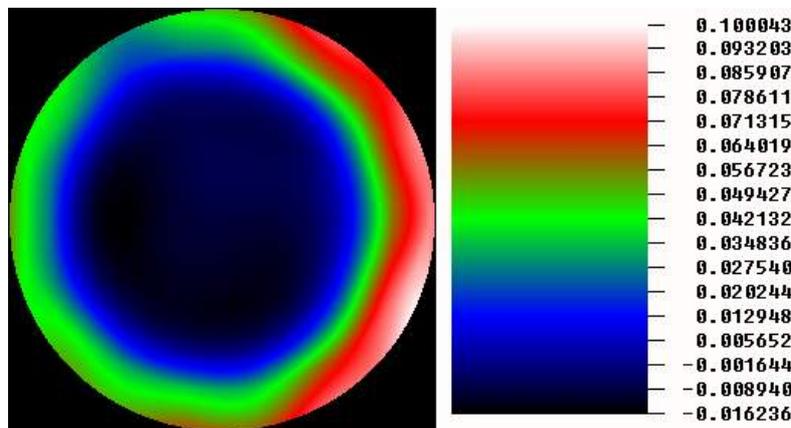


Figura 20 – Tomografia da tubulação obtido, apontando incrustação de coque.

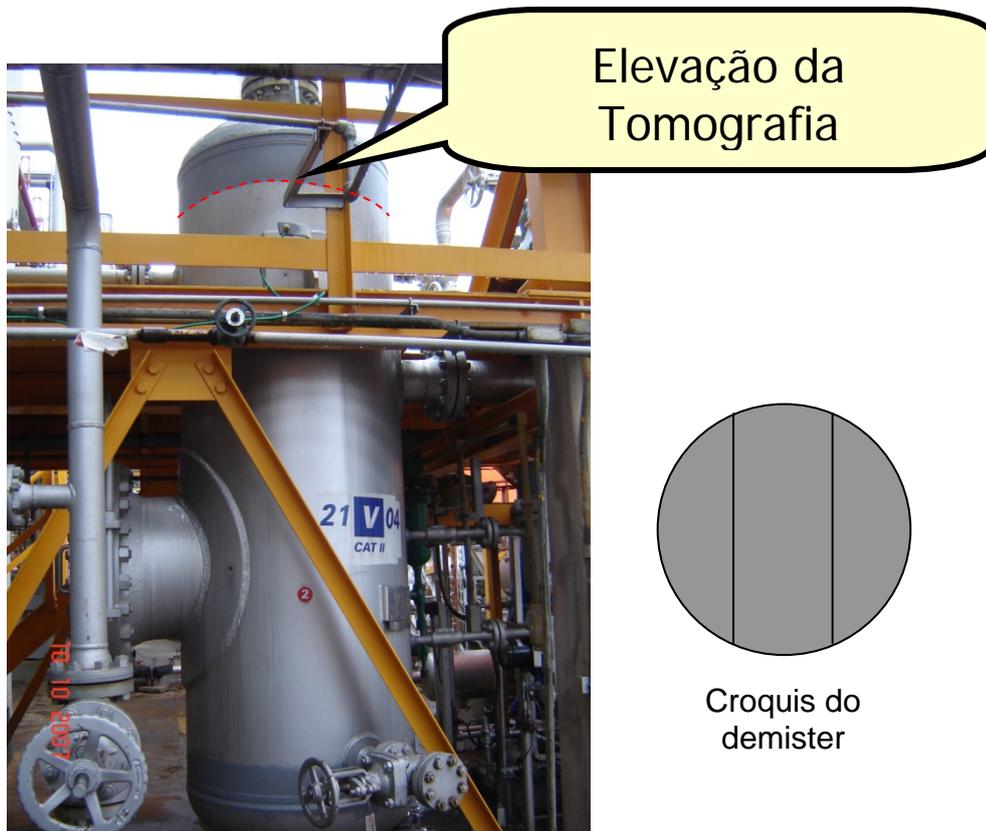
Projetos Reais

A partir dos resultados apresentados até este ponto e conhecendo as limitações atuais do método, já foi possível vislumbrar algumas aplicações práticas, sendo possível visualizar o perfil de densidades relativo de torres, vaso e reatores para compreender seu comportamento operacional. Tubulações podem ser examinadas em busca de interfaces, sedimentos ou incrustações. Equipamentos podem ser inspecionados para verificar sua integridade mecânica.

Nesse sentido dois projetos foram implementados na BRASKEM, Unidade de Insumos Básicos Sul com o intuito de verificar dois equipamentos de processo que apresentavam problemas. Uma descrição dos projetos é apresentada a seguir.

Projeto 1 – Demister do Vaso de Nocaute do Compressor

O Vaso de Nocaute do Compressor, 21-V-04, foi examinado em 09 de Julho de 2009 para verificar a integridade de seu demister (figura 21). A unidade apresentava dificuldades operacionais relacionados ao arraste de líquido à jusante do vaso e suspeitava-se que o demister, ou partes dele, poderiam ter se soltado. Uma tomografia industrial computadorizada foi efetuada na altura do demister para avaliar seu perfil de densidades



transversal.

Figura 21 – Arranjo do Vaso de Nocaute do Compressor.

RESULTADOS E COMENTÁRIOS

- O demister foi encontrado em sua posição sem sinais de danos aparentes.
- A imagem tomográfica reconstruída (figura 22) apresentou uma região circular de maior densidade centralizada no demister, representada no gráfico como um círculo de cor branca. Esta região apresentou uma densidade homogênea e tem um diâmetro aproximado de 53 cm.
- A variação de densidade total observada seria de aproximadamente de 600 a 700 Kg/m³ se considerarmos o meio absorvedor como água.
- A variação de densidade observada entre a região perimetral (aro de cor aproximada azul) e o centro seria de aproximadamente de 500 a 600 Kg/m³ se considerarmos o meio absorvedor como água.
- Observa-se no lado oeste do vaso uma pequena região de menor densidade próxima a parede do vaso (Ponto A, na figura 22). A variação de densidade observada nesse local com a região perimetral seria de aproximadamente 190 Kg/m³ (a mesma densidade do

demister seco) se considerarmos o meio absorvedor como o demister. Isso pode ser uma indicação de um pequeno deslocamento ou amassado no demister nesta posição.

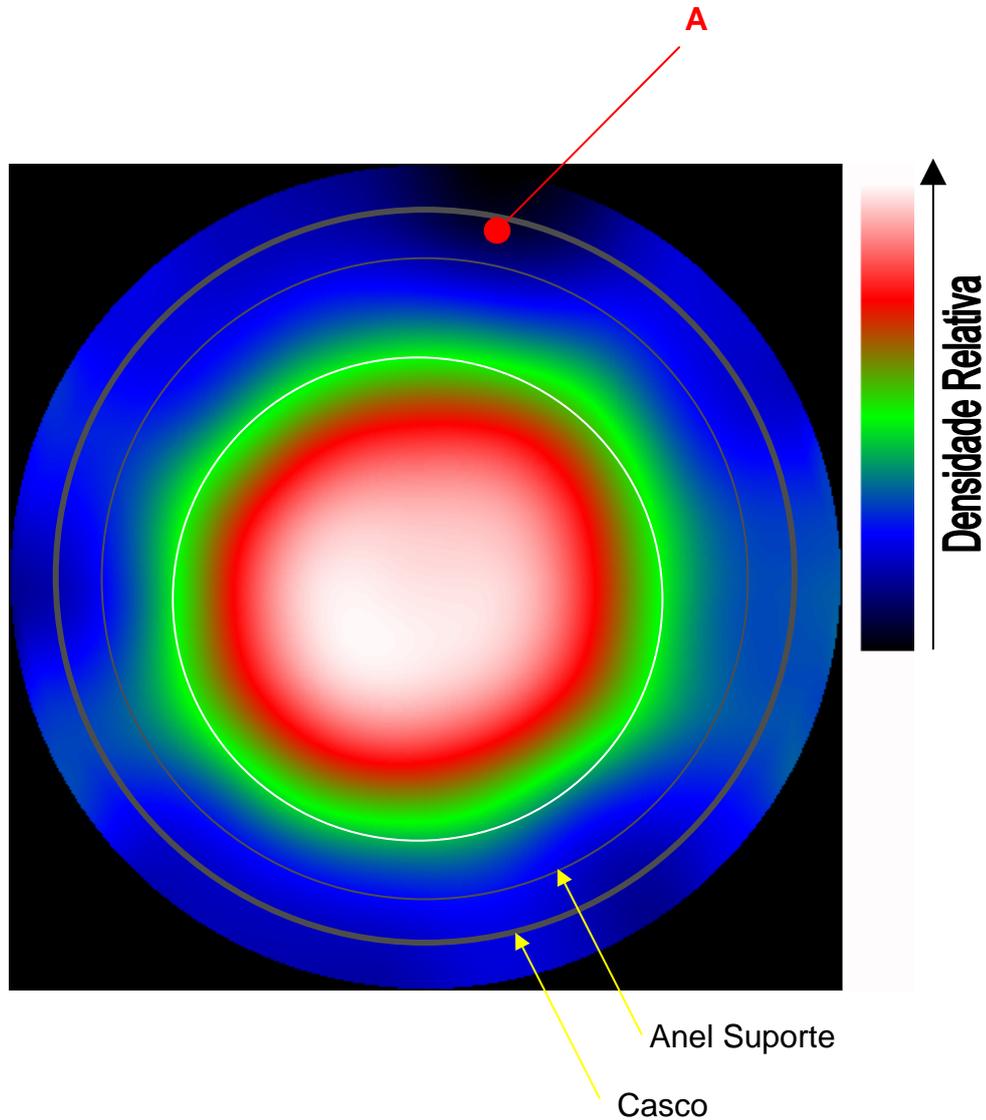


Figura 22 – Tomografia do demister

CONCLUSÃO

Os resultados dos testes indicaram que o demister está em sua posição, sem sinais óbvios de danos mecânicos, mas apresenta uma região de maior densidade em seu centro. Esta região está provavelmente saturada de líquido. Uma região de menor densidade no lado Oeste levanta a suspeita de um pequeno deslocamento ou amassado no demister nesta posição.

Projeto 2 – Condensador de Butadieno

O Condensador de Butadieno, 113-P-45 foi examinado em 21 de Julho de 2009 na tentativa de avaliar a existência de depósitos de polímeros em seu interior. Uma tomografia industrial computadorizada foi efetuada na seção de entrada do casco do condensador para avaliar seu perfil de densidades transversal.

RESULTADOS E COMENTÁRIOS

- A tomografia industrial foi realizada entre o bocal de entrada de gás (S1) e a primeira chicana para tentar identificar a distribuição de densidades nessa cota.
- Uma reconstrução da imagem tomográfica pode ser vista na figura 23.
- Na tomografia, pode-se observar uma região central de maior densidade. Nessa região, a maior densidade do metal dos tubos e da água prevalece de modo que pequenas diferenças de densidade não podem ser observadas.
- Na região periférica, pode-se observar duas zonas de menor densidade (regiões negras), provavelmente vapor; e zonas de densidade intermediária (regiões verdes).

CONCLUSÃO

Na técnica de tomografia empregada, foram posicionadas a fonte e o detector em 81 cordas ao redor do trocador (9 posições de fonte versus 9 posições do detector). O algoritmo de reconstrução retorna, a grosso modo, uma distribuição de densidades que coincida com as 81 medições feitas. Assim a qualidade e fidelidade da imagem obtida dependem muito desses dados coletados.

Quando tomamos dados em um trocador, o feixe de tubos mais o líquido em seu interior representam uma grande área densa para a passagem de radiação. No caso deste trocador, os valores obtidos foram apenas 2 ou 3 vezes maiores que as contagens de radiação de fundo medidas, ou seja, pouca radiação atravessou o trocador nas cordas centrais da tomografia. Para comparação, no caso do demister do vaso 21-V-04, que foi analisado também em Julho, essa relação era de mais de mil vezes. Assim, na reconstrução da imagem aparece uma região muito densa no centro, não por existir exatamente uma área densa, mas porque pouca radiação pôde atravessar o vaso e o algoritmo interpreta isso como uma zona de maior densidade. Para contrabalançar isso o algoritmo acaba impondo valores menores de densidade na região periférica. Todavia, nessa região, como as cordas têm um comprimento menor (cruzando também menos o feixe de tubos), as contagens obtidas foram mais adequadas e a reconstrução da imagem nessa região fica um pouco melhor.

Havendo maior intensidade de radiação atravessando o trocador, seria esperado encontrar uma zona de maior densidade estendendo-se por toda a área dos tubos. Nesse caso, seria possível tentar relacionar também variações de densidade com a condensação e acúmulo de polímeros no interior do trocador.

No entanto, apesar do significado físico geral da imagem estar correto, apresentando uma zona central densa (por causa do feixe de tubos), regiões superior e direita menos densa (devido à entrada e caminho interno de vapor); acreditamos que em função das condições explicadas acima, não é possível analisar os dados além deste ponto. Ou seja, o resultado não permite avaliar se há indícios de polímeros no trocador.

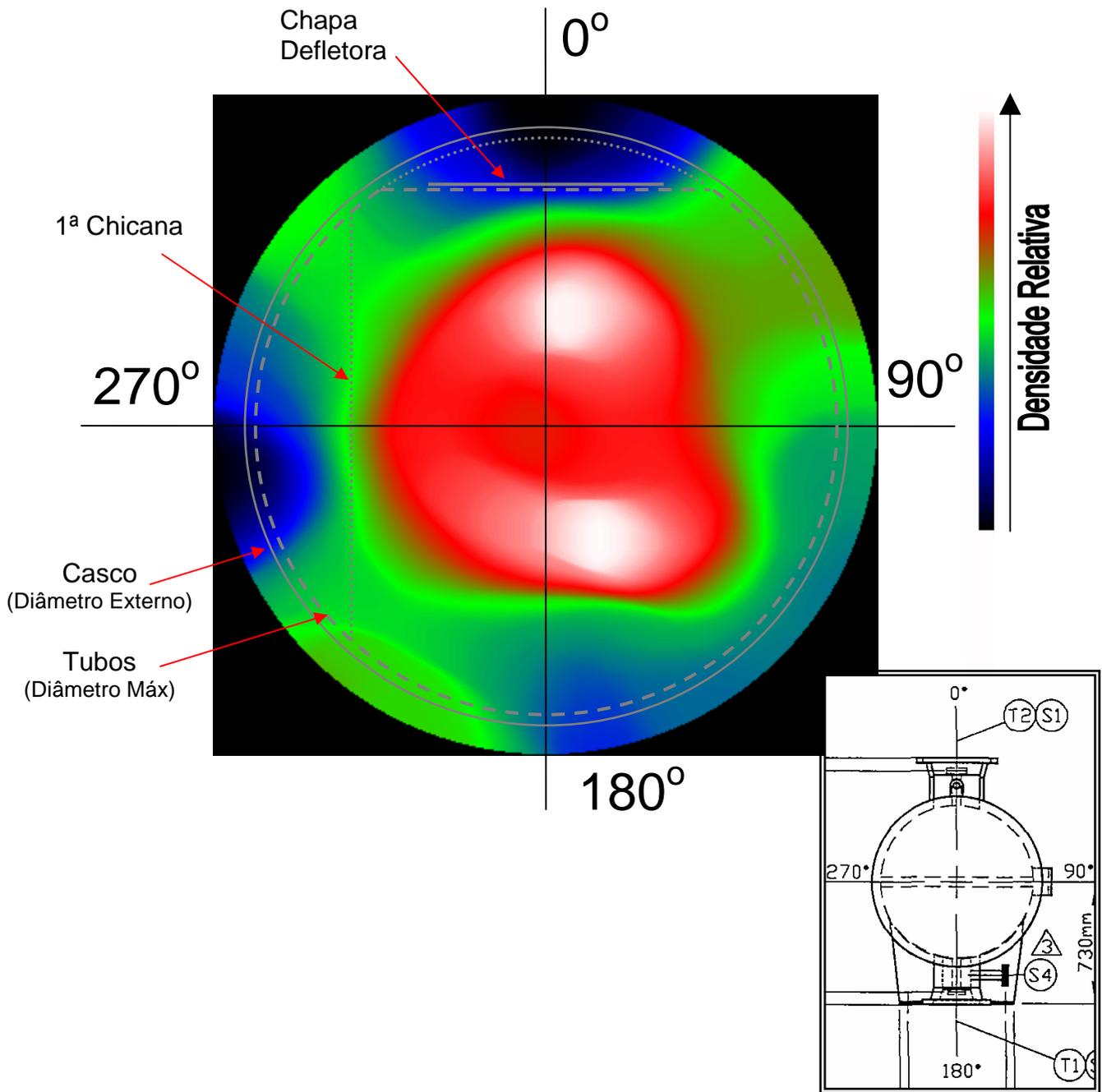


Figura 23 – Tomografia do condensador

Conclusão

Os projetos apresentados ilustram bem as potencialidades da tecnologia. Ainda há, todavia, uma série de limitações a serem superadas e melhoramentos a serem implementados. Os próximos esforços no desenvolvimento desta ferramenta estarão focados entre os seguintes tópicos:

- Processamento de dados imediato – evitando o pós processamento e possibilitando a variação de parâmetros ainda em campo.
- Automação da movimentação – diminuindo riscos radiológicos e aumentando a precisão da tomada de dados
- Novos sistemas de colimação e posicionamento – diminuindo os efeitos do espalhamento de radiação, com um mecanismo mais compacto, leve e preciso.
- Novos sistemas de detecção de radiação – sistemas de diodo de baixa voltagem e sistemas de transmissão de dados wireless.
- Protótipo para tomografia de tubos do tipo de 1ª geração.
- Protótipo para tomografia de equipamentos de maior porte.
- Aperfeiçoamento dos modelos matemáticos para cálculo de densidades.
- Aperfeiçoamento dos procedimentos de calibração.

Referências Bibliográficas

[1] JOHANSEN, G. A. AND JACKSON, P. Radioisotope gauges for industrial process measurements ISBN 0471 48999 9, John Wiley & Sons, Ltd., 2004.

[2] Xu, S.X., G. Kennedy, C. Conforti, T. Marut and J. Dusseault, Troubleshooting Industrial Packed Columns by Gamma-Ray Tomography, Paper Presented at the CE Expo'99, Houston, June 9-10, 1999.

[3] brochura YXLON.CT Universal CT based X-ray Inspection System for a wide inspection item spectrum, YXLON International X-Ray GmbH, <http://www.yxlon.com>

[4] brochura IT-05 Informativo Técnico 05, Tricom Tecnologia e Serv. de Man.Ind. Ltda., www.tricomtecnologia.com.br