



**SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL
FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**PROJETO DE UM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE
TEMPERATURA AUTOMATIZADO APLICADA À ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO SUPERFICIAL DA XEROX:**

SOLUÇÃO MECÂNICA E DE SENSORIAMENTO

MATHEUS DE OLIVEIRA E SILVA

**PROJETO DE UM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE
TEMPERATURA AUTOMATIZADO APLICADA À ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO SUPERFICIAL DA XEROX:**

SOLUÇÃO MECÂNICA E DE SENSORIAMENTO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia
SENAI Cimatec como requisito final para
obtenção do título de Tecnólogo em
Mecatrônica Industrial.

Orientador: Prof. Marcelo Trautmann.

Salvador
2008

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
SENAI Cimatec

Silva, Matheus de Oliveira e.

Projeto de um dispositivo de medição de temperatura automatizado aplicada a seção de tratamento superficial da XEROX: solução mecânica e de sensoriamento/ Matheus de Oliveira e Silva. -Salvador, 2008.

43f.

1. Automação - Sensoriamento 2. Medição de temperatura.

I. título

CDD 629.8

Resumo

Neste trabalho será abordado o projeto de desenvolvimento de um dispositivo automatizado de medição de temperatura com ênfase na solução mecânica e de sensoriamento. Este dispositivo será aplicado ao processo de tratamento superficial da multinacional XENOR, Xerox Nordeste, para a produção de um dos produtos existentes na fábrica, o condutor foto orgânico (OPC – *organic photo conductor*), a grande contribuição deste projeto é possibilitar uma medição e monitoramento de temperatura do OPC de forma automatizada durante todo seu processo de tratamento superficial, o que não ocorre com a medição existente atual, e também minimizar os erros de medição garantindo uma confiabilidade dos resultados. Esta solução mecânica engloba a automação de um transportador de medição existente na fábrica, também conhecido como *carrier* conterá um sistema de mecânica fina integrado com o sensor de temperatura, para efetuar a medição da temperatura do OPC. Este projeto visa minimizar as perdas de produto e proporcionar maior rastreabilidade no processo, otimizando assim todo o processo.

Palavras-Chaves: Sensoriamento / OPC/ *Carrier* / Estação

Abstract

This paper is about the Project of development an automated device for measuring temperature with emphasis on mechanical and sensing solution. This device will be applied to the process of multinational XENOR superficial treatment, Xerox Nordeste, for the production of one of the products that there are, the organic photo conductor – OPC, the great contribution of this Project is to enable a measurement and monitoring temperature of the OPC, in an automated manner throughout the process of the superficial treatment, which does not occur with the current existing measurement, and also minimize the errors of measurement ensuring reliability of results. This mechanical solution includes the automation of a carrier of measurement in the factory, also known as carrier, will contain a system of integrated precision mechanics with the temperature sensor, to make the measurement of temperature of the OPC. This project aims to minimize the loss of product and provide greater traceability in the process, thereby optimizing the whole process.

Word-keys:

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa Conceitual do Anteprojeto com ênfase na Solução Mecânica e de Sensoriamento	9
Figura 2: OPC's após serem submersos nas substâncias	14
Figura 3: Transportador Semi-Automatizado da Xerox - MOLE	15
Figura 4: Fixação dos sensores de temperatura nos OPC's	16
Figura 5: Exemplo de um Termopar	19
Figura 6: Atmosferas Explosivas	26
Figura 7: Áreas classificadas	28
Figura 8: Exemplo das Áreas classificadas. Zonas de risco	28
Figura 9: Escolha do equipamento instalado em áreas classificadas	30
Figura 10: Modelo da solução mecânica	33
Figura 11: <i>Chuck</i> desacionado – Figura à esquerda	34

SUMÁRIO

1. Introdução	7
1.1. Definição do Problema	9
1.2. Justificativa	10
1.3. Objetivo	11
1.4. Aspectos Metodológicos	11
2. Subsistemas do Projeto.....	13
2.1. Solução Mecânica e de Sensoriamento.....	13
2.2. Projeto e Simulação do <i>Hardware</i>	13
2.3. Desenvolvimento dos <i>Firmwares</i>	13
3. Automação do Processo de Medição Temperatura da Xérox	14
3.1. Processo da Seção B	14
3.2. Processo de Medição Atual	15
4. Sensores de Temperatura	17
4.1. Breve Histórico	17
4.2. Tipos de sensores	18
4.2.1. Sensores por contato	18
4.2.2. Sensores sem contato	23
4.3. Escolha do sensor de temperatura.....	24
5. Atmosferas explosivas	26
5.1.1. Definição da atmosfera explosiva da Xerox	31
6. Solução Mecânica e de Sensoriamento	32
Conclusão	41
Referências	42

1. Introdução

Nos processos industriais em geral existem a presença de variáveis que são de extrema importância não só para um bom andamento no processo, como também para evitar danos indesejáveis, tais como perdas de produção ou até desastres de grandes proporções. Devido a isto, existe a grande necessidade do controle e monitoramento destas variáveis. Estas variáveis são mais conhecidas como as variáveis críticas do processo.

Dentre todas as variáveis críticas existentes, a temperatura é uma das principais variáveis de processo que está presente em quase todos os processos industriais como uma das variáveis que precisam ser monitoradas.

Sua medição e controle são de fundamental importância para uma vasta gama de aplicações, que abrange desde processos físicos e químicos até a proteção de equipamentos (EGÍDIO, 2006).

Na unidade da Xerox Nordeste, a XENOR, é produzido o condutor foto orgânico (OPC – *Organic Photo Conductor*), ele é responsável por transferir a tinta para o papel realizando assim a cópia, qualquer imperfeição presente na superfície do OPC afeta na qualidade das fotocópias. Por isso, a medição e o monitoramento da temperatura durante este processo são de grande importância para garantir a qualidade desejada. Para a produção deste, é necessário passar por três áreas distintas, conhecidas como seções A, B e C.

Na seção A, o OPC passa por um processo de limpeza de sua superfície externa, utilizando sabão e água basicamente para que sejam removidas quaisquer sujeiras existentes. Na seção B, é realizado o tratamento superficial da região externa do OPC, ou seja, o OPC é submetido a vários banhos de diversas substâncias para que com isso obtenha a característica desejada. A temperatura tem influência direta na qualidade da característica desejada. Existe, então, a importância da medição de temperatura neste processo. A seção C é responsável por fixar engrenagens nas pontas do OPC para que este seja montado nas máquinas foto copiadoras da XENOR.

Nas literaturas pesquisadas não se observou nenhuma forma de medição de temperatura que se aproximasse com um projeto automatizado de medição. Também não foi encontrada nenhuma documentação referente à medição existente.

Sendo assim será adaptada uma forma de medição própria utilizando sensores de temperatura já existentes no mercado.

A grande contribuição deste projeto é possibilitar uma medição e monitoramento de temperatura do OPC de forma automatizada durante todo seu processo de tratamento superficial, o que não ocorre com a medição existente atual, e também minimizar os erros de medição garantindo uma confiabilidade dos resultados.

Para um melhor desenvolvimento deste projeto devido a sua grande complexidade, o mesmo foi dividido em três subsistemas de áreas de conhecimentos distintas.

Estes subsistemas são:

- Solução Mecânica e de Sensoriamento;
- Projeto e Simulação do *Hardware*;
- Desenvolvimento dos *Firmwares*.

Este trabalho corresponde à Solução Mecânica e de Sensoriamento. Na figura 1, pode-se observar o mapa conceitual gerado referente ao projeto com ênfase na Solução Mecânica e de Sensoriamento.

Este mapa conceitual estrutura a idéia geral do processo de medição de temperatura atual com suas limitações, as principais vantagens que o novo processo trará e os pontos fortes referentes à solução mecânica e de sensoriamento que será empregada.

Observa-se que o processo existente de temperatura, por não apresentar uma forma de medição automatizada é mais susceptível a erros do que o projeto proposto e com afeta diretamente a qualidade do produto final.

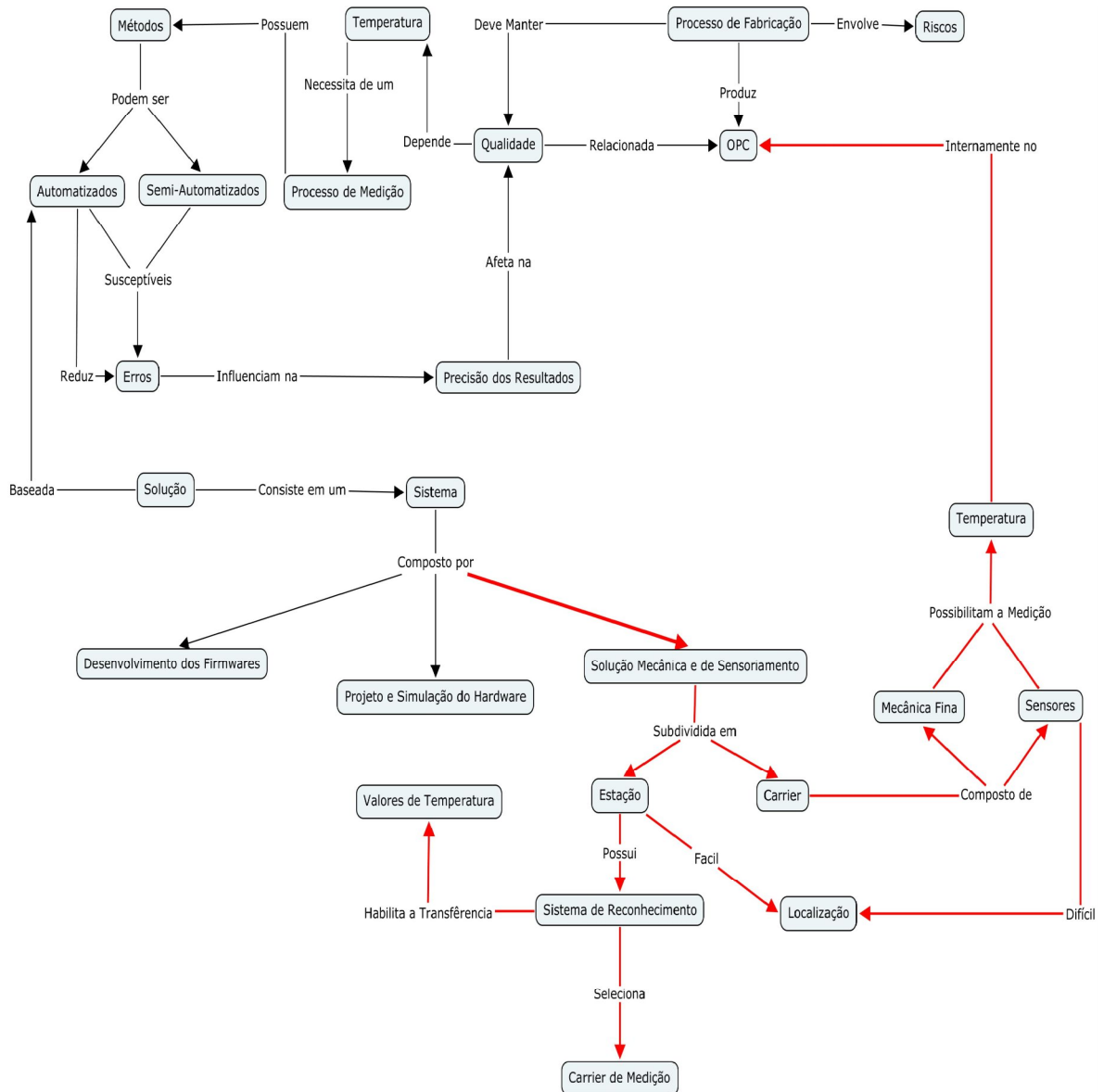


Figura 1: Mapa Conceitual do Anteprojeto com ênfase na Solução Mecânica e de Sensoriamento

1.1. Definição do Problema

A empresa Xerox, é uma multinacional instalada no Brasil há mais de 40 anos. Pela grande qualidade de seus produtos e serviços, esta é reconhecida mundialmente, servindo assim de referência para seus concorrentes.

Como qualquer empresa, a Xerox procura sempre estar melhorando continuamente a qualidade dos seus serviços e produtos, para servir sempre de referência e conseguir atender o mercado que é cada vez mais exigente.

Atualmente, no processo produtivo de tratamento superficial da XENOR, Xerox Nordeste, presente na seção B existe uma forma de medição de temperatura dos OPC's que apresenta alguns inconvenientes para o processo. Este projeto busca minimiza ao máximo estes inconvenientes.

Os principais inconvenientes existentes nesta forma de medição são:

- A temperatura não é medida em todo o Processo da seção B;
- Existem erros de Medição de Temperatura;
- É Necessário parar a linha de produção (Tempo de Parada), para se medir a temperatura;
- Não se efetua a produção normal dos OPC's;
- Quantidade de pontos de medição é limitada (seis pontos apenas).

Isto acarreta para a empresa alguns prejuízos, tais como perda de material, perda de tempo de produção e com isso redução nos lucros.

A principal característica para ocorrência dessas falhas está na mecânica utilizada neste processo de medição, que não proporciona uma medição eficaz da temperatura como deveria ser.

1.2. Justificativa

Para o melhoramento do processo de medição e conseqüentemente obtenção de um produto final com maior qualidade ou mais próximo das especificações é necessário que os erros sejam minimizados obtendo um maior controle da temperatura. Para minimizar estes erros é necessário haver um processo de medição com as seguintes características: i) automatizado, que supra todas as falhas e inconvenientes existentes na medição atual; ii) que não interfira no processo de tratamento superficial do OPC e ao mesmo tempo consiga medir a temperatura de forma eficaz, sem que necessitem paradas de processo; iii) e confiável, sendo capaz de produzir os OPC's normalmente e efetue a medição durante todo o processo.

1.3. Objetivo

Esse trabalho tem como objetivo projetar uma solução mecânica e de sensoriamento aplicado ao problema macro já citado. Este trabalho juntamente com os outros subsistemas, compõe o projeto de um dispositivo de medição de temperatura automatizado para a planta de tratamento superficial do OPC na XENOR.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Especificar o sensor de temperatura a ser utilizado;
- Definir o local adequado para o sensor de temperatura;
- Definir atuação adequada para o sensor de temperatura;
- Definir a quantidade adequada de pontos em um mesmo OPC em que a temperatura deve ser medida;
- Definir a quantidade de pontos de medição;
- Definir a localização do dispositivo de armazenamento dos valores no transportador;
- Projetar a solução mecânica no transportador;
- Definir a localização do dispositivo de recebimento dos dados.

1.4. Aspectos Metodológicos

A metodologia utilizada para desenvolvimento deste trabalho é uma metodologia própria, porém baseada na metodologia TheoPrax. A metodologia TheoPrax foi criada na Alemanha pelo instituto Fraunhofer com o objetivo de proporcionar aos alunos um maior contato com as indústrias. Esta metodologia visa como principal objetivo que os alunos solucionem um problema existente no ambiente industrial.

Na metodologia de execução do projeto, foi construído um plano estrutural com os objetivos gerais e específicos. Este plano tem a função de organizar de forma simples e de fácil entendimento os objetivos, metas e ações que

devem ser tomadas para alcançar o principal objetivo que é o desenvolvimento do projeto.

Após a construção do plano estrutural, é feito um levantamento dos requisitos e restrições do projeto e das necessidades do cliente, para dar o primeiro direcionamento do que o projeto deve possuir. Esta etapa é chamada de projeto informacional

Após o projeto informacional, é necessária a etapa de pesquisa básica. Nesta etapa do trabalho, são realizadas as pesquisas necessárias para uma boa fundamentação teórica. Com as etapas anteriores concluídas, é realizado um planejamento do andamento do projeto, contendo cronograma, custo do projeto e tempo necessário para conclusão do mesmo.

Posteriormente, tem-se a etapa de execução, onde o sistema será modelado em três dimensões e por fim, será mostrado para o cliente, visto que a conclusão do protótipo não é englobada neste projeto.

2. Subsistemas do Projeto

O desenvolvimento do dispositivo de medição de temperatura automatizado foi dividido em três subsistemas:

- A solução mecânica e de sensoriamento;
- Projeto e Simulação do Hardware (SOARES, 2008);
- O desenvolvimento dos Firmwares (CARVALHO, 2008).

Cada subsistema será brevemente explicado com as características de cada um deles.

2.1. Solução Mecânica e de Sensoriamento

Na solução mecânica e de sensoriamento, objetivo deste projeto, será projetado todo o sistema mecânico necessário para o acoplamento do sensor para possibilitar a medição de temperatura de forma automatizada. Este subsistema será melhor abordado no sexto capítulo deste trabalho.

2.2. Projeto e Simulação do *Hardware*

O projeto e simulação do *hardware* envolverá o desenvolvimento e validação por simulação de todo o *hardware* necessário para o projeto. Neste subsistema, será definida a tecnologia dos componentes eletrônicos que será utilizada no projeto, o tipo do controlador que será usado no sistema, a memória necessária para armazenar todos os valores medidos da temperatura e todo o circuito de condicionamento para os sensores de temperatura (SOARES, 2008).

2.3. Desenvolvimento dos *Firmwares*

No desenvolvimento dos *firmwares*, que é um conjunto de instruções essenciais para o correto funcionamento do programa, será elaborada toda a lógica de controle, armazenamento e transferência dos dados referentes à temperatura. Também será desenvolvido um sistema supervisor com a finalidade de possibilitar ao usuário visualizar todo o andamento do processo através de tabelas, curvas ou gráficos de tendência.

3. Automação do Processo de Medição Temperatura da Xérox

O processo de medição atual de temperatura não apresenta muita confiabilidade em seus resultados, pois ele não passa durante todo o processo da seção B da Xerox. Devido a isto, existe a necessidade de automatizar uma forma de medir os valores de temperatura do OPC durante todo o processo existente na seção B da Xerox.

3.1. Processo da Seção B

O processo da seção B é o processo no qual o OPC necessita ser banhado por diversas substâncias, as quais darão as propriedades necessárias do o produto. Antes de chegar para a seção B, o OPC deve passar pela seção A. Dando continuidade ao processo, o OPC segue para a seção B onde são submersos em três substâncias para dar a característica necessária do produto. Estas substâncias ficam armazenadas no OPC revestindo a superfície externa. Na figura 2, pode-se observar os OPC's após serem submersos nas substâncias.



Figura 2: OPC's após serem submersos nas substâncias

Este processo dura em torno de duas horas e trinta minutos, desde a entrada dos OPC's no início da seção até a saída dos OPC's para outra seção. O

valor máximo de temperatura que o OPC é submetido está em torno de 10° até 180° Celsius (CARVALHO, 2008).

3.2. Processo de Medição Atual

Para conseguir efetuar a medição de temperatura no OPC, a Xerox semi-automatizou um *carrier*, transportador dos OPC's, onde neste existem seis sensores de temperatura, termopares do tipo K, e um *hardware* de controle, onde são armazenados os valores de temperatura. Neste método, é necessário que haja intervenção do operador e é grande a interferência que este método trás ao processo da seção B. Outro inconveniente neste método é que não é realizada a medida do valor da temperatura em todos os OPC's e sim em apenas cinco OPC's, pois o sexto sensor mede o valor da temperatura ambiente.

Na figura 3, pode-se observar o *carrier* que foi semi-automatizado pela Xerox. Este *carrier* também é conhecido por "Mole".



Figura 3: Transportador Semi-Automatizado da Xerox - MOLE

O *carrier* convencional tem capacidade de armazenar trinta e dois OPC's, já o mole só pode transportar vinte e quatro OPC's durante o processo da seção B, pois parte do espaço central é ocupado pelo *hardware* onde são armazenados os

valores de temperatura, também conhecido como *datalogger*. O mole já entra no processo da seção com os OPC's encaixados e durante o processo não passa pelas etapas de submersão. Isto ocorre para não danificar os sensores de temperatura que estão colados na superfície externa do OPC através de fitas adesivas, como pode ser visto na figura 4.

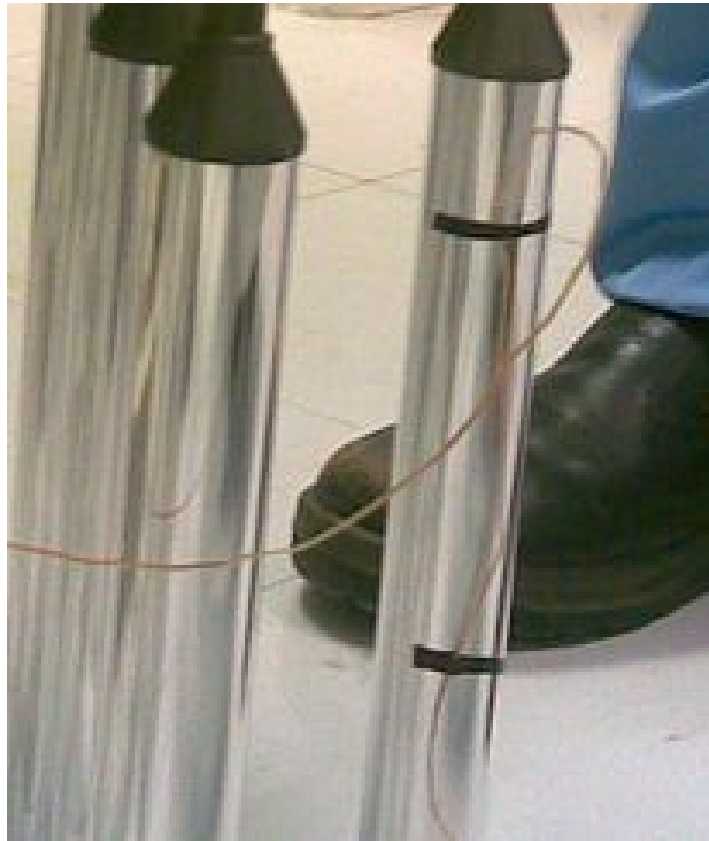


Figura 4: Fixação dos sensores de temperatura nos OPC's

Devido a todos estes inconvenientes e às falhas já citadas, o mole só é utilizado quando um número grande de OPC's começa a ser perdido por falta da conformidade na produção, que pode ser algum parâmetro que está fora do valor adequado.

4. Sensores de Temperatura

Junto com a pressão, a vazão e o nível, a temperatura é uma das principais variáveis existente nos processos industriais, consideradas variáveis críticas, por isso faz-se necessário o controle e medição da mesma (EGÍDIO, 2006).

Os sensores de temperatura são dispositivos capazes de captar o valor da temperatura e responder proporcionalmente através de algum sinal, podendo ser um aumento em seu comprimento, variação de volume ou até uma geração de milivoltagem.

4.1. Breve Histórico

A medição de temperatura se confunde com o próprio surgimento da Ciência e dos métodos científicos. Há registros de que um homem chamado Herão tenha construído algo parecido com um termômetro no século II a.C. Existem também registros mais modernos no século XVI, quando o astrônomo Galileu Galilei teria idealizado o primeiro termômetro moderno. Mas tudo indica que foi somente a partir do século XVII que aparelhos mais parecidos com os termômetros atuais tenham realmente surgido.

Em 1611, o médico italiano Santorre Santoria construiu um termoscópio semelhante ao que já era conhecido por Filon de Bizâncio, 200 anos antes de Cristo. Outro termômetro à base de líquido foi construído por Jean Rey, um médico francês, em 1637. Ole Christensen Römer, astrônomo dinamarquês, propôs seu dispositivo por volta de 1708. Entretanto, o primeiro termômetro de mercúrio utilizável na Ciência foi construído pelo físico alemão Gabriel Daniel Fahrenheit em 1715.

Em 1742 o astrônomo sueco Anders Celsius propôs a escala centesimal. A partir daí a medição de temperatura não parou mais de evoluir, movida pela necessidade incessante de medir temperaturas cada vez mais baixas (ou mais altas) à medida que a sociedade se industrializava cada vez mais.

Atualmente, os modernos transmissores de temperatura usados na indústria são verdadeiros computadores, que permitem a conexão de vários tipos de sensores, permitem trabalhar com diversas escalas e possuem inúmeras funções de diagnóstico.

4.2. Tipos de sensores

Os sensores de temperatura podem ser classificados em dois grandes grupos, por contato e os sem contato, porém dentro de cada um desses grupos existem diversos tipos de sensores de temperatura diferentes.

4.2.1. Sensores por contato

Os sensores de temperatura por contato são aqueles que [para efetuar a medida da temperatura] entram em contato físico com o objeto a ser medido. Estes sensores medem a sua própria temperatura e pressupõem que os dois corpos (sensor e objeto medido) estejam em equilíbrio térmico.

Neste caso, há muitas fontes de erro, especialmente no caso de medição de temperatura de superfícies, principalmente em movimento. A seguir, encontra-se um apanhado geral dos tipos mais comuns de sensores de temperatura por contato.

4.2.1.1. Termopares

São os sensores por contato mais utilizados e possuem uma ampla gama de aplicações. Estes sensores são baseados no efeito Peltier-Seebeck, ou efeito termoelétrico, que ocorre quando dois metais diferentes formam uma junção. Essa junção produz uma tensão relacionada com a diferença de temperatura entre essa junção e uma outra junção de referência. Os termopares disponíveis no mercado têm os mais diversos formatos, desde os modelos com a junção a descoberto que têm baixo custo e proporcionam tempos de resposta rápidos, até aos modelos que estão incorporados em sondas. Está disponível uma grande variedade de sondas, adequadas para diferentes aplicações (industriais, científicas, investigação médica etc). Na Figura 5 pode ser observada a foto de um termopar.



Figura 5: Exemplo de um Termopar

Quando se procede à escolha de um termopar deve-se ponderar qual o mais adequado para a aplicação desejada, segundo as características de cada tipo de termopar, tais como a gama de temperaturas suportada, a exatidão e a confiabilidade das leituras, e também relação custo x benefício, entre outras. Os tipos de termopares existentes são:

- Tipo K (Cromel / Alumel)

O termopar tipo K é um termopar de uso genérico. Tem um baixo custo e, devido à sua popularidade estão disponíveis variadas sondas. Cobrem temperaturas entre os -200 e os 1200 °C, tendo uma sensibilidade de aproximadamente 41 μ V/°C.

- Tipo E (Cromel / Constantan)

Este termopar tem uma elevada sensibilidade (68 μ V/°C) que o torna adequado para baixas temperaturas.

- Tipo J (Ferro / Constantan)

A sua gama limitada (-40 a 750 °C) é a responsável pela sua menor popularidade em relação ao tipo K. Aplica-se sobretudo com equipamento já velho que não é compatível com termopares mais 'modernos'. A utilização do tipo J acima

dos 760 °C leva a uma transformação magnética abrupta que lhe estraga a calibração.

- Tipo N (Nicrosil / Nisil)

A sua elevada estabilidade e resistência à oxidação a altas temperaturas tornam o tipo N adequado para medições a temperaturas elevadas, sem recorrer aos termopares que incorporam platina na sua constituição (tipos B, R e S). Foi desenhado para ser uma “evolução” do tipo K.

Os termopares tipo B, R e S apresentam características semelhantes. São dos termopares mais estáveis, contudo, devido à sua reduzida sensibilidade (da ordem dos 10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$), utilizam-se apenas para medir temperaturas acima dos 300 °C. Note-se que devido à reduzida sensibilidade destes termopares, a sua resolução de medida é também reduzida.

- Tipo B (Platina / Ródio-Platina)

Adequado para medição de temperaturas até aos 1800 °C. Contra aquilo que é habitual nos outros termopares, este origina a mesma tensão na saída a 0 e a 42 °C, o que impede a sua utilização abaixo dos 50 °C.

- Tipo R (Platina / Ródio-Platina)

Adequado para medição de temperaturas até aos 1600 °C. Reduzida sensibilidade (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) e custo elevado.

- Tipo S (Platina / Ródio-Platina)

Adequado para medição de temperaturas até aos 1600 °C. Reduzida sensibilidade (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$), elevada estabilidade e custo elevado.

- Tipo T (Cobre / Constantan)

É dos termopares mais indicados para medições entre - 200°C a 400°C e indicado para ambientes corrosivos.

4.2.1.2. Termostato

O termostato é um dispositivo destinado a manter constante a temperatura de um determinado sistema, através de regulação automática.

A função do termostato é impedir que a temperatura de um determinado sistema varie além de certos limites preestabelecidos. Um mecanismo desse tipo é composto, fundamentalmente, por dois elementos: um indica a variação térmica sofrida pelo sistema e é chamado elemento sensor; o outro controla essa variação e corrige os desvios de temperatura, mantendo-a dentro do intervalo desejado. Termostatos controlam a temperatura dos refrigeradores, ferros elétricos, ar condicionado e muitos outros equipamentos.

Exemplo de elemento sensor são as tiras bimetálicas, constituídas por metais diferentes, rigidamente ligados e de diferentes coeficientes de expansão térmica. Assim, quando um bimetal é submetido a uma variação de temperatura, será forçado a curvar-se, pois os metais não se dilatam igualmente. Esse encurvamento pode ser usado para estabelecer ou interromper um circuito elétrico, que põe em movimento o sistema de correção.

4.2.1.3. Termoresistores

A análise do princípio dos termoresistores passa pelo chamado efeito termomecânico, efeito que consiste em uma alteração da dimensão de um determinado material, não necessariamente um condutor elétrico, causada por uma determinada variação de temperatura. Em outras palavras, um aumento na temperatura causa um aumento nas dimensões físicas do material.

O exemplo mais conhecido de termoresistor é o termômetro de mercúrio. Utilizado em fornos ou em câmaras refrigeradas, o termômetro de mercúrio consiste em um grande bulbo cheio de mercúrio, conectado a uma fina haste, produzindo uma grande variação no comprimento da coluna para uma pequena variação de temperatura.

O efeito termoresistivo consiste em explorar a variação da resistência elétrica produzida por uma determinada variação de temperatura.

Outro exemplo é o “termômetro de resistência”, como é chamado por alguns autores, é um instrumento composto de um elemento sensor que apresenta uma alteração na sua resistência elétrica com qualquer mudança na temperatura, como já vimos, e um circuito condicionador, responsável por converter a alteração na resistência elétrica do sensor em uma tensão elétrica correspondente.

Os elementos sensores são, basicamente, de dois tipos : os RTDs - detetores de temperatura por variação de resistência elétrica, e os termistores.

Os RTD's (*Resistance Temperature Detector*) são elementos detetores resistivos formados por materiais como Platina, Níquel ou ligas de Cobre-Níquel. Estes materiais exibem um coeficiente positivo de resistividade e são usados para a fabricação de RTD's porque são estáveis e dotados de capacidade de resposta à variação de temperatura por um longo período de tempo.

Os termistores são sensores fabricados com materiais semi-condutores como óxido de magnésio ou cobalto; em aplicações que exigem alta precisão, o semi-condutor utilizado pode ser o silício ou o germânio, dopados com algum outro material como o latão ou determinadas ligas de cobre. Por serem construídos de material semi-condutor, possuem a grande vantagem de poderem ser fabricados em um tamanho físico muito pequeno. O termistor de coeficiente negativo de temperatura (NTC – *Negative Temperature Coeficiente*) é um sensor muito conhecido e encontrado no mercado com uma variedade muito grande no tipo construtivo e nos valores de resistência. Já o termistor de coeficiente positivo (PTC - *Positive Temperature Coeficiente*), é mais raro de ser encontrado, dada sua complexidade no aspecto construtivo.

Os termistores do tipo NTC podem ser classificados em quatro tipos. O primeiro, de pequenas dimensões físicas, serve para operação em baixa potência, usados para controle de circuitos através de algum sistema amplificador de sinal; O segundo, de grandes dimensões físicas, operando em altas potências controla diretamente um determinado circuito, sem sistema amplificador; O terceiro tipo são os termistores em bloco, onde as correntes que transportam praticamente não afetam os seus valores de resistência elétrica - são usados no braço de uma ponte para proporcionar uma compensação da temperatura ambiente para um outro termistor que está sendo usado para leitura; O último tipo é o termistor aquecido indiretamente, onde o material semi-condutor é aquecido por meio de um filamento que tem valor desprezível de coeficiente de resistência à temperatura.

Os termistores NTC, ao contrário dos demais, diminuem sua resistência elétrica com o aumento da temperatura. Por esse motivo, alguns autores sugerem, por exemplo, que para aumentar a vida útil de grandes lâmpadas de tungstênio, pode-se adaptar um termistor NTC em série com a mesma. Relembrando, a

resistência do filamento de uma lâmpada de tungstênio, quando fria, é menor que um décimo do seu valor quando quente. Logo, a súbita comutação desta lâmpada diretamente à fonte de tensão encurta sua vida útil. A resistência elétrica de um NTC à temperatura ambiente, está na ordem de 10000 ohms.

Os termômetros de resistência são considerados sensores de alta precisão e ótima repetibilidade de leitura; quando metais são usados, o elemento sensor é normalmente confeccionado de Platina com o mais alto grau de pureza e encapsulados em bulbos de cerâmica ou vidro. Atualmente, as termoresistências de Platina mais usuais são: Pt-25,5 Ω /PT-100 Ω / PT-120 Ω , PT-130 Ω /PT-500 Ω , sendo que o mais conhecido e usado industrialmente é o PT-100 Ω (a 0 $^{\circ}\text{C}$). Sua faixa de uso vai de -200 a 650 $^{\circ}\text{C}$, conforme a norma ASTM E1137; entretanto, a norma DIN IEC 751 padronizou sua faixa de -200 a 850 $^{\circ}\text{C}$. As termoresistências são normalmente divididas em duas classes de precisão : Classe A e Classe B, em função do erro da medição.

4.2.2. Sensores sem contato

São utilizados especialmente onde os sensores de contato não podem ser usados ou não são adequados. Esse tipo de sensor é baseado na emissão espectral de energia dos corpos.

Outro tipo de equipamento usa feixes de laser para medir a temperatura em um único ponto, não usando, portanto a imagem do objeto medido.

Todos os sensores que medem temperatura a distância, usam uma lei da física baseada nos estudos do físico alemão Max Planck: A lei da emissão de radiação térmica.

4.2.2.1. Termômetros de radiação

Incluem os pirômetros, as câmeras de imagens térmicas, os termômetros infravermelhos e os scanners térmicos.

4.2.2.2. Geradores de imagens térmicas

Basicamente medem a temperatura do objeto alvo formando uma imagem bidimensional numa única faixa do espectro

4.2.2.3. Termômetros de razão espectral

Medem a radiação térmica em duas faixas do espectro e calcula uma razão entre as duas faixas de emissão.

4.3. Escolha do sensor de temperatura

No projeto será medido e monitorado o valor da temperatura do OPC. Está medição será feita pelo interior do OPC, onde é o local mais recomendado de fazer a medição, pois durante todo o processo está em contato físico com o OPC, o que não ocorreria se fosse medido pela parte externa do OPC já que existe, a cada mergulho da seção B, a presença de camadas de solventes na região externa. Além disto, estes mergulhos poderiam danificar o sensor de temperatura.

Já que a medição deve ser feita pela superfície interna do OPC, o sensor de temperatura deve obedecer algumas características mínimas para possibilitar sua utilização, que são elas:

- Dimensões inferiores a 1cmx1cmx1cm;
- Faixa de temperatura entre 0°C a 200°C;
- Alta precisão, erro máximo de 0,5°C;
- Alta repetibilidade;
- Permitir medição contínua;
- O sensor deverá ser capaz de emitir algum tipo de sinal que possa ser lido em um controlador, no caso milivoltagem;
- Baixo custo;
- Facilidade de aquisição.

Analisando todas estas características, pode se observar que o sensor mais adequado nesta aplicação são os termopares, decidimos então pela utilização

de um termopar que satisfaz todas às necessidades, possui baixo custo, e é o sensor utilizado no método de medição atual e de fácil disponibilidade. O termopar escolhido foi o do tipo “T”, que apresenta seu range de temperatura entre -200°C a 400°C e indicado para ambientes corrosivos.

5. Atmosferas explosivas

A segurança de equipamentos e instalações elétricas é fundamental. Os equipamentos elétricos podem provocar a ação de um detonador. Isso ocorre devido a estes equipamentos liberarem energia sendo elétrica ou térmica de forma inadequada e indevida.

O oxigênio, presente na atmosfera, junto a dois elementos ou um acréscimo de temperatura na superfície de um equipamento pode ocasionar uma explosão (Figura 6).



Figura 6: Atmosferas Explosivas
Fonte: Segurança em atmosferas explosivas¹

¹ Disponível:
http://paginas.fe.up.pt/~mapfre/apresentacoes/dia_1_26Out06/manha/Apresentacao%20-%20Arega%20Lopes.pdf

Só ocorrerá uma explosão se estiverem presentes substâncias inflamáveis no processo de trabalho ou de produção, ou seja, se for utilizada pelo menos uma substância inflamável como matéria-prima ou auxiliar, ou se surgir pelo menos uma substância inflamável como produto residual, intermediário ou final, ou ainda se for possível a formação de pelo menos uma substância inflamável em consequência de uma falha habitual. Os riscos de explosão devem ser avaliados globalmente. São elementos importantes: os equipamentos de trabalho utilizados, as características de construção, as substâncias utilizadas, as condições de trabalho e especificidade dos processos, as possíveis interações entre estes elementos, bem como as interações com o ambiente de trabalho. (FRANCO, 2004).

A proteção primária para que não ocorra explosão, é considerada para evitar a formação de uma atmosfera explosiva. Uma atmosfera é considerada explosiva quando a proporção de gás, vapor, ou pó no ar é tal que uma centelha proveniente de um circuito elétrico ou do aquecimento de um aparelho provoca a explosão. Pode-se também tentar evitar que ocorra uma ignição tomando algumas precauções, tais como:

- Evitar líquidos ou vapores ou gases que possam formar atmosferas explosivas;
- Variar a concentração da mistura;
- Desativação: Misturas de substâncias inertes não explosivas (Nitrogênio, Dióxido de carbono, Vapor D'água etc);
- Ventilar o local;
- Aumentando o ponto de fugor;
- Inertização.

Para a classificação de atmosferas explosivas existem normas específicas que quantificam a área de risco de acordo com a permanência da atmosfera explosiva. De acordo com a norma da comissão eletrotécnica internacional IEC60079-10 (*International Electrotechnical Commission*), a classificação de áreas é dividida em três zonas, podemos ver esta classificação na figura 7.




		Descrição	Simbologia
Classificação das Áreas	Zona 0	Área onde existe permanentemente ou durante largos períodos de tempo uma atmosfera explosiva	
	Zona 1	Área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva	
	Zona 2	Área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva	

Figura 7: Áreas classificadas²

Com essa classificação das áreas, é necessário que os equipamentos localizados em área de risco atendam á estas normas para que não haja nenhum desastre de grandes proporções.

Na figura 8, pode-se observar um exemplo de uma área classificada de acordo com a norma IEC60079-10.

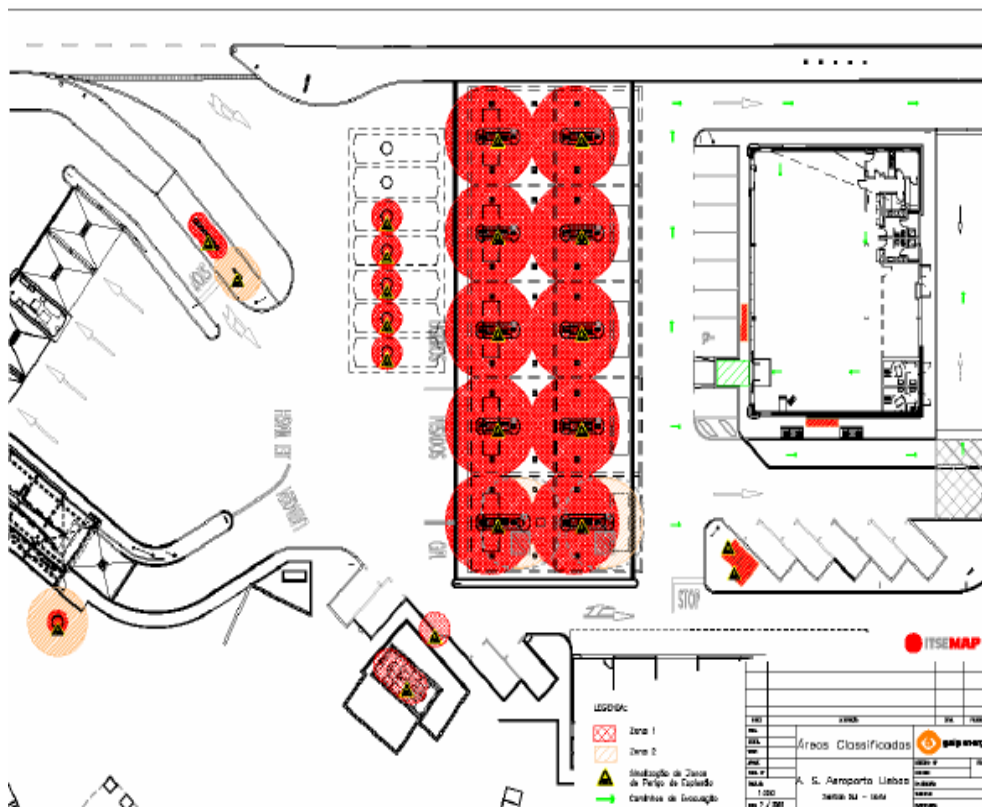


Figura 8:Exemplo das Áreas classificadas. Zonas de risco³

² Disponível: Segurança em atmosferas explosivas
http://paginas.fe.up.pt/~mapfre/apresentacoes/dia_1_26Out06/manha/Apresentacao%20-%20Arega%20Lopes.pdf

Os equipamentos que devem ser utilizado nessas áreas, devem seguir a seguinte classificação.

- Equipamentos elétricos permissíveis em Zona 0:
 - Equipamentos intrinsecamente seguros, categoria “i”;
 - Outros equipamentos elétricos projetados especificamente para utilização em Zona 0, desde que essa condição esteja claramente definida no certificado emitido por laboratório credenciado.

- Equipamentos elétricos permissíveis em Zona 1:
 - Equipamentos permissíveis em Zona 0;
 - Equipamentos a prova de explosão;
 - Equipamentos com pressurização ou diluição contínua;
 - Equipamento imerso em areia;
 - Equipamento imerso em óleo;
 - Equipamento de segurança aumentada;
 - Equipamento de segurança intrínseca;
 - Outros equipamentos projetados especificamente para utilização em Zona 1, que não satisfaçam as exigências de nenhum tipo de proteção normalizado, mas que sejam aprovados por laboratório credenciado;
 - Equipamentos que sejam combinações de tipos de proteção dos acima mencionados.

- Equipamentos elétricos permissíveis em Zona 2:
 - Equipamentos permissíveis em Zona 0 e Zona 1;
 - Equipamento elétrico com tipo de proteção pressurizado projetado especificamente para utilização em Zona 2;

³ Disponível: Segurança em atmosferas explosivas
http://paginas.fe.up.pt/~mapfre/apresentacoes/dia_1_26Out06/manha/Apresentacao%20-%20Arega%20Lopes.pdf

- Outros equipamentos elétricos especificamente projetados para Zona 2 (não acendível);
- Equipamentos elétricos construídos de acordo com os requisitos de norma para uso industrial e que em condições normais não produzem arcos, centelhas ou superfícies quentes que possam provocar a ignição da atmosfera explosiva. (JORDÃO,2002)

Para a classificação do equipamento pode-se observar a figura 9 que é um fluxograma onde indica que ação deve ser tomada de acordo com a resposta indicada.

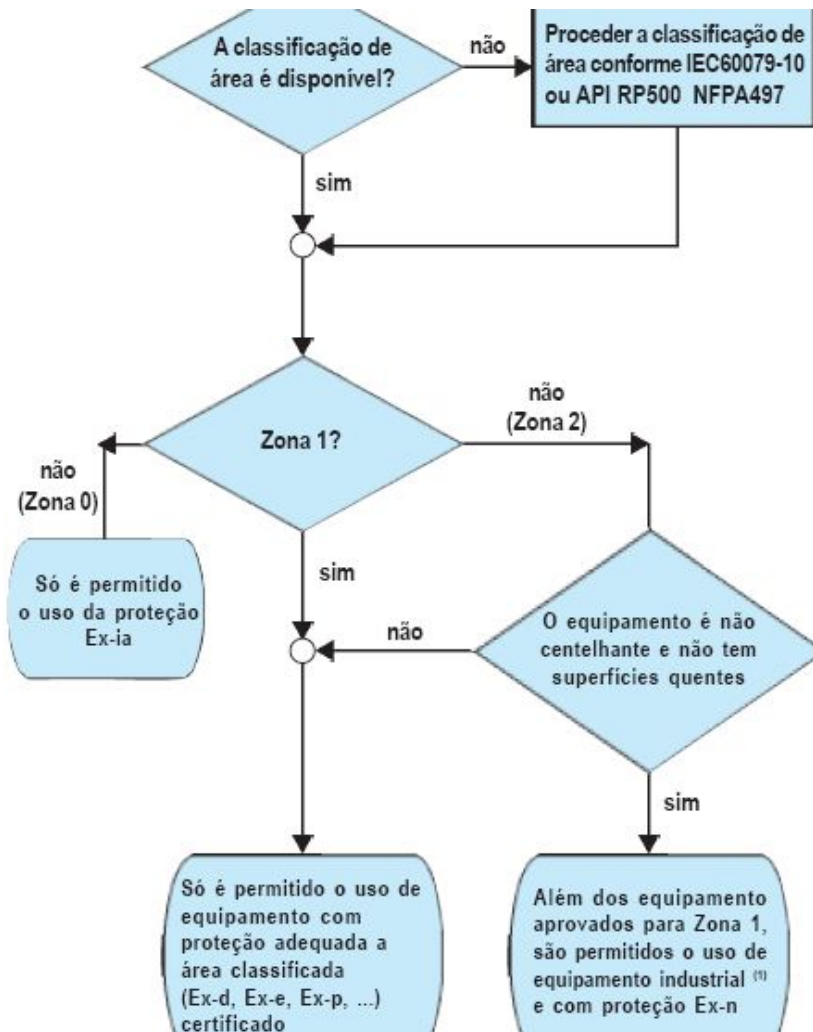


Figura 9: Escolha do equipamento instalado em áreas classificadas⁴

⁴ Disponível: Informações técnicas
http://www.alpha-ex.com.br/pdf/info_tec_1.pdf

5.1.1. Definição da atmosfera explosiva da Xerox

Sabendo que na Xerox Nordeste, XENOR, existe solvente em suspensão durante todo o processo produtivo, ou seja, a presença de uma atmosfera explosiva permanentemente. Devido a isto, o ambiente da Xerox está classificado como ZONA 0, que é determinada pela presença permanente ou em longos períodos de tempo da atmosfera explosiva.

Existe também a necessidade de classificar os tipos de equipamentos que podem ser aplicados ao ambiente da XEROX, pois a utilização inadequada que não possuem a segurança necessária para estarem inseridos nesses ambientes também pode causar desastres de grandes proporções. Por isso os equipamentos que podem ser utilizados são os equipamentos que possuem uma segurança intrínseca, categoria "I".

6. Solução Mecânica e de Sensoriamento

Um dos principais requisitos para o projeto da solução mecânica e de sensoriamento é interferir o mínimo no processo, evitar o reprojetado de peças já existentes, ou seja, a solução mecânica e de sensoriamento deve ser adaptada ao sistema mecânico já existente e possibilitar a produção normal de OPC's. O sistema mecânico deve obedecer algumas características, onde as principais são:

- Aproveitar o curso de acionamento do alimentador (*Chuck*);
- Evitar utilizar acionamentos elétricos, caso seja necessário utilizar as devidas proteções;
- Utilizar equipamentos que respeitem as normas de atmosferas explosivas;
- Não alterar a altura do alimentador;
- Utilizar algum sensor inerte a substância em que o OPC é submerso;
- Ser de fácil manutenção;
- Possuir baixo custo.

O projeto da solução mecânica e de sensoriamento basicamente compreende a automação de um *carrier* de transporte existente, passando assim a ser conhecido como *carrier* automatizado.

Para o *carrier* de transporte, foi projetado um sistema mecânico que posiciona o elemento sensor de temperatura no local adequado para poder efetuar a medição da temperatura que é uma das variáveis críticas no processo. Tal medição será feita na região interna do OPC, pois a superfície externa do mesmo é submetida a vários banhos de soluções (Solventes) e não deve possuir nenhum arranhão, pois qualquer imperfeição na superfície externa afeta a qualidade do OPC, e o termopar para efetuar a medição necessita estar em contato físico com a superfície.

O sensor a ser utilizado atende as características exigidas pelo processo, possibilita uma boa precisão nos resultados e conseqüentemente gera erros menores de processo, satisfazendo assim as necessidades impostas para o projeto.

A medição será feita através de um termopar do tipo “T”, que satisfaz a faixa de temperatura que o OPC está submetido e será realizada no ponto superior do OPC, porém em todos os trinta e dois OPC's presentes no *carrier* de transporte.

A medição será feita em único ponto, pois por se tratar de alumínio, a condutividade térmica é muito boa e possibilita apresentar a mesma temperatura em todo o material muito rapidamente. Isso pode ser comprovado pelo próprio processo de medição atual, que confirma que a variação de temperatura entre o topo, o centro e a base é desprezível. Por isso, a XENOR informou que um ponto de medição é o suficiente.

É interessante efetuar a medição em todos os trinta e dois pontos para assim poder rastrear melhor o processo e poder monitorar que região pode estar com o valor de temperatura fora da faixa aceitável. Com isso, pode-se tomar uma atitude de controle.

Estes valores de temperatura serão armazenados em uma memória durante todo o processo de fabricação dos OPC's. Esta memória estará localizada no próprio *carrier* de medição no espaço que conterà o hardware de aquisição e condicionamento dos dados de temperatura. Na figura 10, pode-se observar a projeto modelado em três dimensões para o conjunto da solução mecânica e de sensoriamento.



Figura 10: Modelo da solução mecânica

Como pode ser observado da figura acima, toda a solução foi adaptada a um *chuck* já existente, isto porque não gera novos projetos e conseqüentemente acarreta em menos gastos.

Esta solução utiliza o próprio curso do *chuck* para efetuar o acionamento do sistema. Este acionamento consiste em proporcionar ao sistema o contato e o afastamento do sensor quando necessário.

Na posição normal do chuck, que a posição de desacionado, é quando o chuck está contraído (borracha está tensionada lateralmente), podendo estar carregando o OPC. Nesta posição o sensor de temperatura deve estar em contato físico com o OPC pela região interna para assim poder efetuar a medição de temperatura. Já na posição de acionado, o chuck está estendido (borracha esta esticada), esta posição é a de alimentação ou descarga do OPC, e deve proporcionar ao sensor o afastamento da superfície interna para que evite choques mecânicos, empenamentos que podem assim danificar o sensor.

Na figura 11, é demonstrado um chuck nas posições de desacionado (figura da esquerda) e acionado (figura da direita).



Figura 11: i) *Chuck* desacionado – Figura à esquerda, ii) *Chuck* acionado – Figura à direita

A Figura 12 está mostrando um chuck carregado com um OPC.

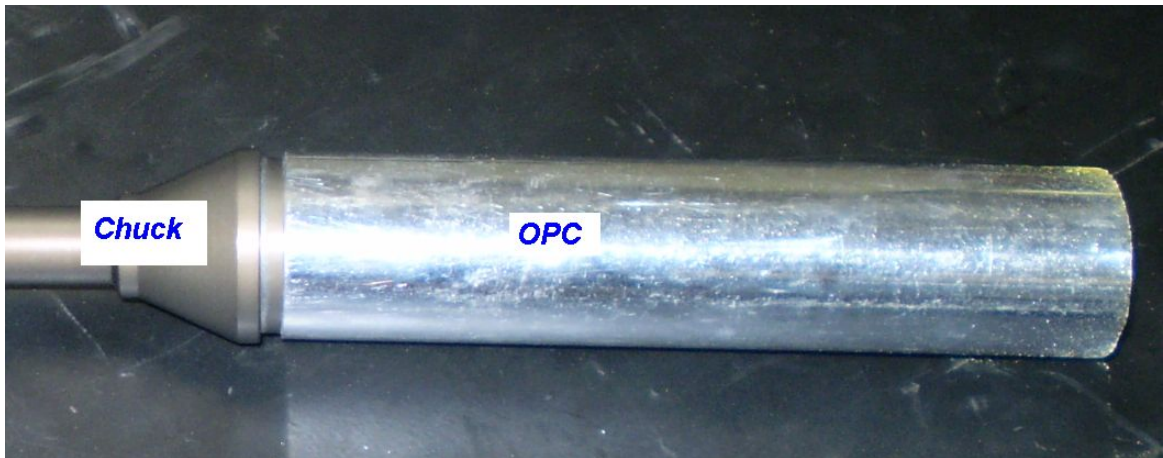


Figura 12: *Chuck* carregado com OPC

No desenvolvimento da solução foi necessário a modificação em algumas peças e a criação de novas peças sem a necessidade de re-projeto de peças já existentes.

Para o corpo do *chuck*, foi necessário fazer dois furos, um que pudesse alojar todo o sistema do acoplamento do sensor e outro onde é retirado o fio do sensor para que possa ser transferido para o *hardware* de armazenamento.

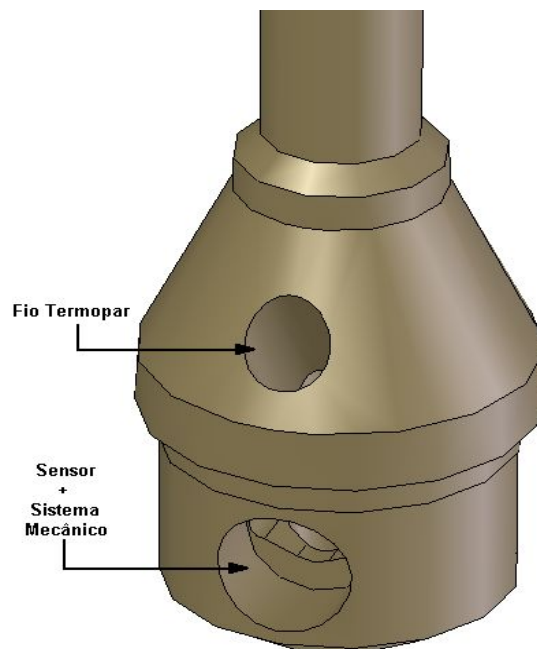


Figura 13: Corpo do *Chuck* modificado

No furo destinado ao fio do sensor, é um furo passante com diâmetro de 7 mm, inclinação de 32,37°. Já o furo onde ficará todo sistema mecânico com o sensor, é composto de um furo central passante de 5,5 mm de diâmetro e um furo não passante de 11 mm de diâmetro. Este furo de 11 mm faz-se necessário, para existir um batente dentro do corpo chuck, que será o responsável por permitir o movimento do conjunto do sistema mecânico. Na Figura 14, demonstra detalhes construtivos das modificações necessárias no corpo do chuck.

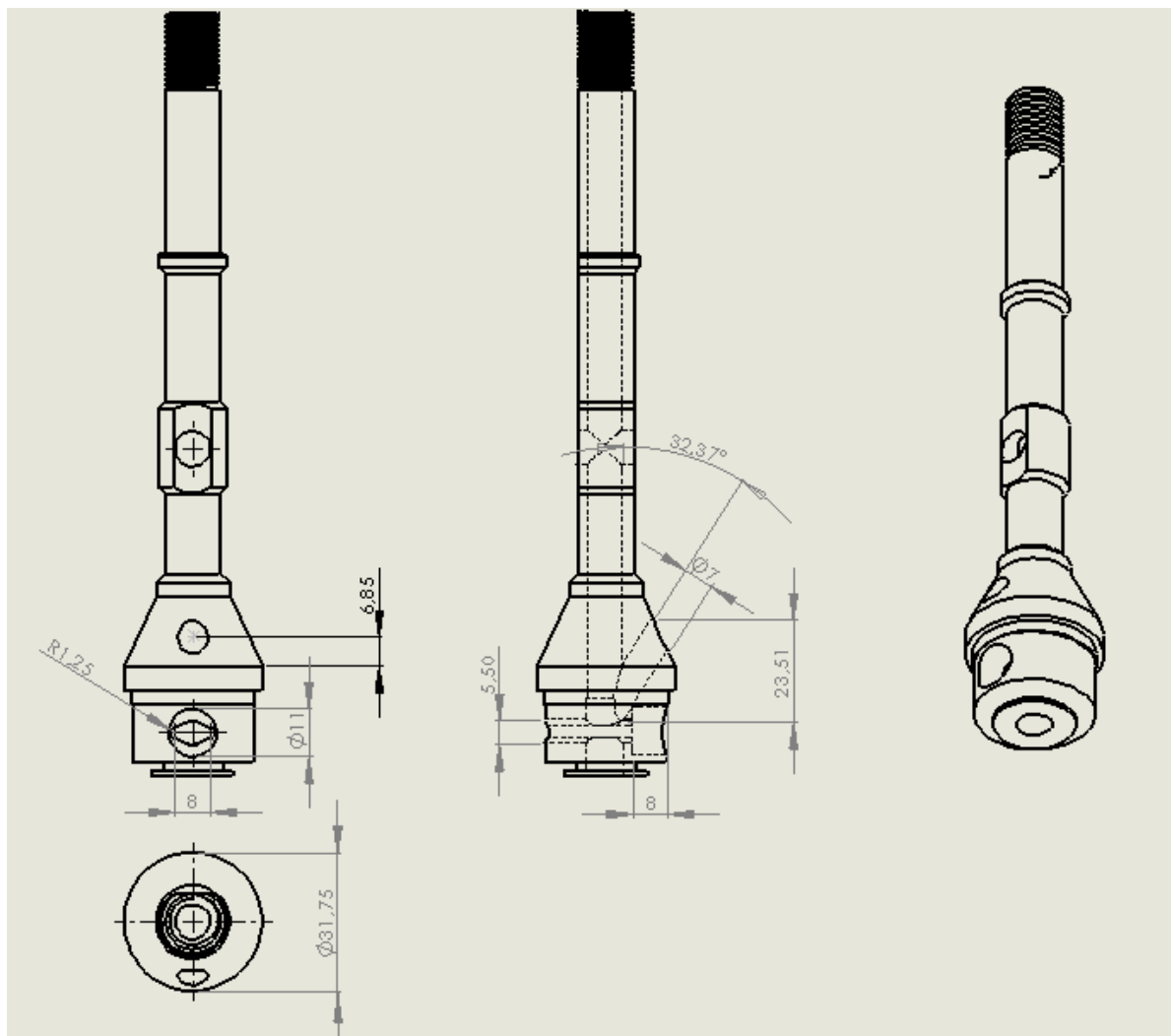


Figura 14: Modificações no corpo do *Chuck*

Na haste central do *chuck*, foi necessário fazer um rebaixo de 2 mm, que funciona com um sistema de came, avançando e retornando todo o sistema mecânico com o sensor quando necessário.

Na Figura 15 é possível observar este rebaixo com suas respectivas dimensões.

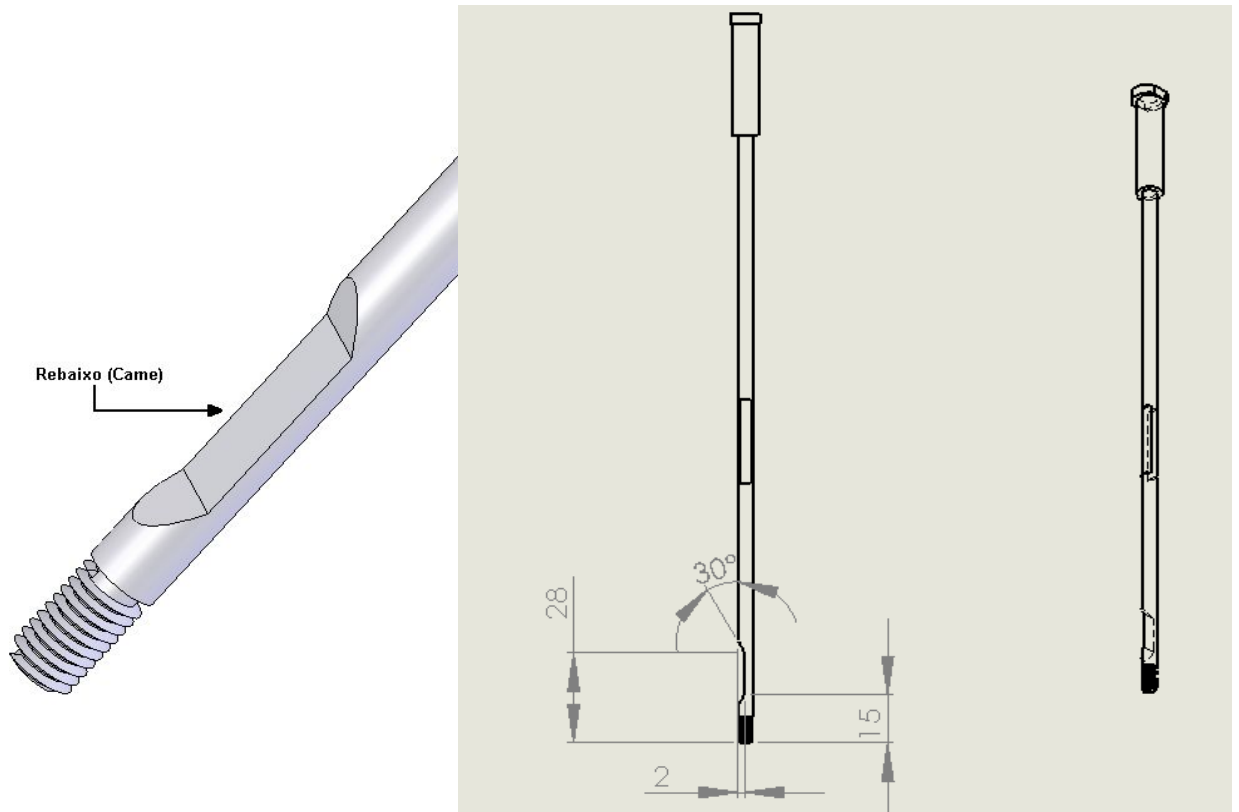


Figura 15: Haste central modificada

Esta solução incorpora três novas peças, um guia que foi projetado, uma mola comercial e uma peça que cobrirá o sensor para evitar danos.

O guia é uma peça feita em Aço Inox 304 que apresenta boa durabilidade, fácil de ser encontrado e com boa rigidez mecânica. O guia é responsável por proporcionar o deslocamento do sensor utilizando o sistema de came feito na haste central, este também serve como guia para que o sistema não saia do local adequado.

Na Figura 16, pode ser observado este guia em três dimensões, bem como seus detalhes construtivos.

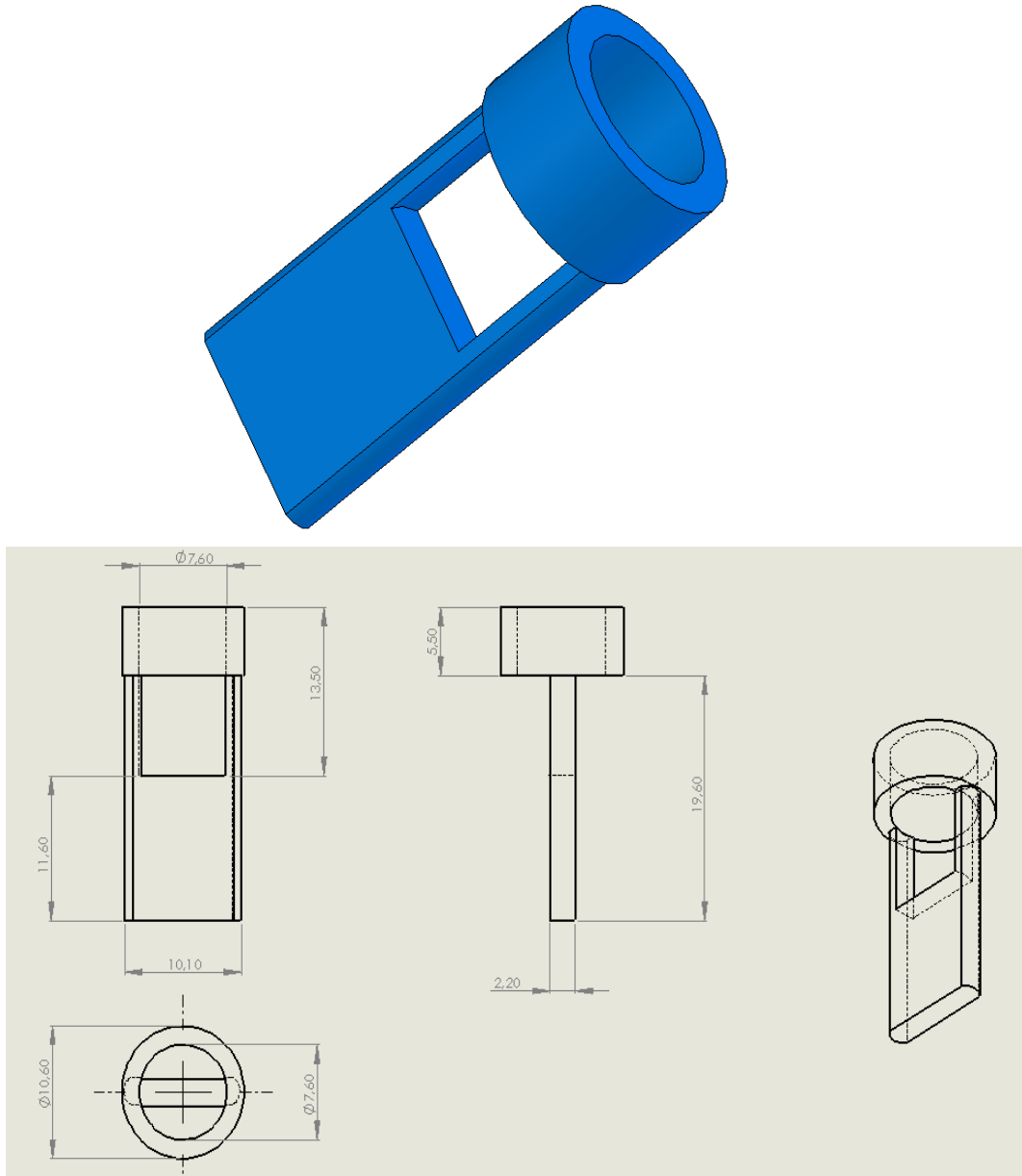


Figura 16: Guia com detalhes construtivos

O sensor ficara alojado dentro de uma peça feita em cobre que servirá tanto como proteção e também como condutor para poder efetuar as medições. A Figura 17, mostra está peça onde o sensor ficará alojado.

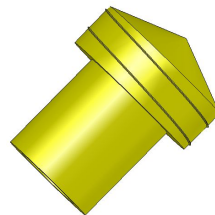


Figura 17: Local que irá alojar o Sensor de Temperatura

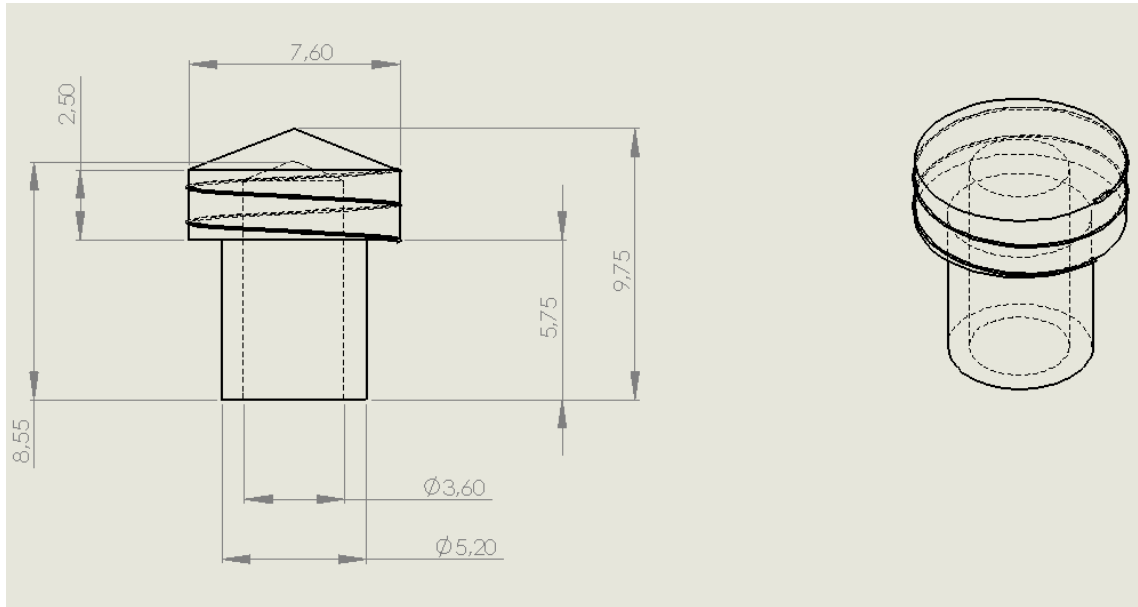


Figura 18: Detalhes construtivos da peça que alojará o Sensor

Na figura 19, é possível ter um melhor entendimento das posições desacionado e acionado do chuck.

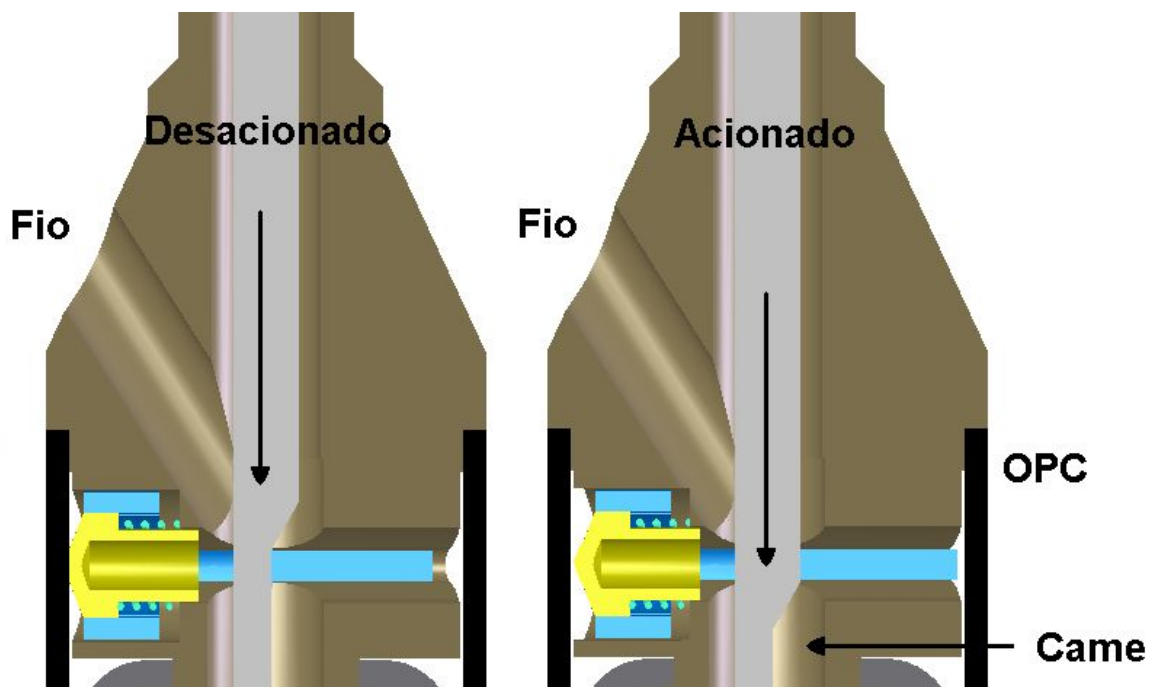


Figura 19: Posições do Chuck

Na posição desacionado (ilustração da esquerda), o guia (demonstrado em azul claro) deve estar posicionada na região mais baixa do came da haste

central (representado pela cor cinza claro), e assim proporcionar o contato do sensor (peça em amarelo) com o OPC (faixa vertical preta), que está sendo mostrado na ilustração da esquerda.

Na ilustração da direita, o *chuck* está na posição de acionado e deve proporcionar o afastamento do sensor. Para isto, a haste central nesta posição do *chuck* encontra-se mais baixa, assim o guia desliza sobre o came e se posiciona na região mais alta do came, retornando assim todo o sistema mecânico e possibilitando o afastamento do sensor do OPC

Para que o guia deslize pelo came faz-se necessário a utilização de uma mola (cor verde claro) que garante que o guia fique em contato direto com o came. Esta mola também serve como sistema de amortecimento para o sensor, pois quando o sensor está em contato com o OPC é esta que possibilita pequenas movimentações do sensor.

Conclusão

Com o projeto deste dispositivo automatizado de medição de temperatura espera-se diminuir a interferência que o operador faz no processo, garantir valores mais confiáveis de temperatura do OPC, já que esta forma medição será capaz de medir durante todo o processo de tratamento superficial do OPC, o que não ocorre na medição atual.

Com este projeto, também será possível reduzir os custos provenientes das perdas de material, já que consegue-se rastrear melhor o processo acarretando em menos perdas e maior qualidade do produto. Os tempos de paradas no processo serão também minimizados, devido a não necessidade de parar o processo de produção, já que é possível medir a temperatura ao mesmo tempo em que ocorre a produção dos OPCs.

Com isso, proporcionará maior lucro a empresa, maior controle no processo de tratamento superficial, confiabilidade nos valores de medições de temperatura e por ser um trabalho que ainda não existe em nenhuma fábrica de produção do OPC da Xerox, este pode ser implementado em todas as plantas que também produzem o OPC.

Referências

ALPHA, Equipamentos elétricos. **Informações técnicas**. Disponível em: <http://www.alpha-ex.com.br/pdf/info_tec_1.pdf > Acesso em 07 de Dez de 2007.

BEER, Ferdinand P., JR., E. Russel Johnston. **Resistência dos materiais**. 3ª ed. São Paulo: Pearson, 1995.

BEGA, Egidio Alberto. **Instrumentação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência: IBP, 2006.

CARVALHO, Anderson Almeida de Macêdo, 2008, **Projeto de um dispositivo de medição de temperatura automatizado aplicado a estação de tratamento superficial da XEROX: Desenvolvimento dos Firmwares**, Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Bahia.

FRANCO, Maurício. **Segurança intrínseca** 2004. Disponível em: <http://209.85.207.104/search?q=cache:qLmHMVgvcAEJ:www.dca.fee.unicamp.br/~rangel/control/homepage/seg_int.doc+%22prote%C3%A7%C3%A3o+primaria%22%2Bexplos%C3%A3o&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=13&gl=br > Acesso em 07 de Dez de 2007.

IOPE. Instrumentos de Precisão. Disponível em <http://www.iope.com.br/index_port.htm > Acesso em 01 de Fev de 2008.

JORDÃO, Dácio de Miranda. **Manual de instalações elétricas em indústrias químicas, petroquímicas e de petróleo atmosferas explosivas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark , 2002.

SOARES, Ulysses Moraes, 2008, **Projeto de um dispositivo de medição de temperatura automatizado aplicado à estação de tratamento superficial da XEROX: Projeto e Simulação do Hardware**, Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Bahia.

THEOPRAX. Disponível em <<http://www.theo-prax.de/bs/welcome> > Acesso em 06 de out de 2007.

XEROX Corporation. Disponível em <<http://www.xerox.com.br> > Acesso em 01 de Out de 2007.