

# IMPLANTAÇÃO DE SUBLANÇA CFP EM ACIARIA<sup>1</sup>

Carlos Fernando Pereira<sup>2</sup>  
Robson Matos Azevedo<sup>3</sup>  
Nacif de Oliveira Sírío<sup>4</sup>  
Ivan Lopes Alves<sup>5</sup>  
Emércio Batista Campos<sup>6</sup>

## Resumo

As aciarias LD, de pequeno porte e de alta produtividade, normalmente não dispõem de um sistema mecanizado de medição de temperatura e amostragem de aço nos convertedores. O sistema de sublança com controle dinâmico, apesar dos benefícios, apresenta elevados custos de implantação, insumos e de operação, sendo por isso empregado usualmente em aciarias de grande porte. A sublança CFP se apresenta como uma alternativa de baixo custo para aciarias menores, realizando medições e amostragem nos convertedores somente após o fim de sopro. Visando a segurança operacional, ganhos de produtividade e qualidade, menor perda de temperatura do aço, a USIMINAS, junto com a CFP Consultoria Representações e Comércio Ltda, instalou nos 3 convertedores de 80 t da Aciaria 1, sublanças CFP, para medições e amostragem de aço após o fim de sopro, que atendam às necessidades operacionais e de custo, sem perder a funcionalidade das sublanças convencionais. Apresenta-se uma visão geral de instalação de todo o sistema.

**Palavras-chave:** Sublança; Amostragem; Automação; Processo LD

## INSTALLATION OF A CFP SUBLANCE ON A STEEL PLANT

### Abstract

LD Steelmaking Plants with small furnace capacity and high productivity, usually, do not have a mechanized system to measurement of temperature and steel sampling inside the converters. Once that, the sublança system with dynamic control, in despite of its benefits, has high costs of installation, inputs and operation; therefore being usually installed only on steelmaking plants with high capacity furnaces. The CFP Sublança is a low cost alternative to smaller steel making plants, carrying out measurements and sampling inside the converters only after the end of the blow. Aiming for operational safety, productivity and quality gains, besides lower steel temperature losses, USIMINAS has installed, jointly with CFP Consultoria Representações e Comércio Ltda, 3 CFP sublanças in their 3 LD converters with 80 t capacity at the Steelmaking Plant #1, for end blow measurements and sampling, considering the operational and costs needs without losing the functionality of the conventional sublanças. It is presented an overall view of the installation of whole system, considering the equipments and the assembly phases.

**Key words:** Sublança; Sampling; Automation; LD process.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 40º Seminário de Aciaria – Internacional, 24 a 27 de maio de 2009, São Paulo, SP, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalurgista – CFP Consultoria Representação e Comercio Ltda.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Metalurgista, Vendedor Técnico - ECIL MET TAC Ltda.*

<sup>4</sup> *Técnico Metalurgista, Vendedor Técnico – ECIL MET TEC Ltda.*

<sup>5</sup> *Membro da ABM, Engenheiro Mecânico, Assistente Técnico Aciaria 1 – USIMINAS.*

<sup>6</sup> *Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista M.S.C, Analista Industrial / Processo Gerência Técnica de Aciaria – USIMINAS.*

## 1 INTRODUÇÃO

Sistemas mecanizados para operações de medições e amostragem em metais líquidos têm sido empregados nas usinas há vários anos. Neste contexto, os sistemas de sublança, que ao longo do tempo têm sido implantados nas grandes aciarias LD, merecem destaque. Apesar das vantagens já amplamente divulgadas e comprovadas, muitas aciarias ainda não dispõem desta ferramenta. Os custos de implantação, insumos e de operação, sempre foi um ponto determinante na decisão de instalação deste equipamento em sua forma convencional, especialmente em convertedores de menor capacidade.

No Brasil, a grande maioria das sublanças instaladas foram importadas e novos projetos não são implementados por uma questão de custo, principalmente em convertedores com capacidade abaixo de 100 t. Em convertedores menores, existe ainda a restrição com relação à medição durante o sopro, pois à medida que a capacidade do vaso diminui, a distância entre a lança de oxigênio e a sublança são também reduzidas, dificultando as medições. Ao longo dos anos alguns projetos similares foram executados por iniciativa própria das empresas, contudo nenhum contemplou todas as funcionalidades dos sistemas importados.

Dentro desse contexto, a CFP Consultoria Representações e Comércio Ltda., desenvolveu e implantou na Gerdau Barão de Cocais e V&M lanças mecanizadas para operações de medições e amostragem em metal líquido. A sublança CFP foi implantada nos três convertedores da Aciaria 1 da USIMINAS, no período de janeiro a julho de 2008, sem a necessidade de paradas do convertedor com perdas de produção.

Este conjunto de fatores fez desse projeto uma referência, para que outras usinas, especialmente aquelas de menor porte, tenham a oportunidade de reavaliar suas necessidades em relação a este equipamento, usufruindo dos ganhos agregados das sublanças convencionais.

O projeto implantado na Aciaria 1 foi desenvolvido atendendo os seguintes objetivos:

- segurança operacional;
- aumento da produtividade;
- melhoria da qualidade;
- menor perda de temperatura;
- melhoria do rendimento em aço; e
- aumento na vida do revestimento refratário.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 O Projeto

O desenvolvimento contemplou os seguintes pontos chaves:

- robustez do equipamento;
- etapas de posicionamento da sublança, seleção, conexão, medição e desconexão de sensores totalmente automatizados, sem nenhuma intervenção manual;
- facilidade de manutenção;
- baixo custo dos sensores; e
- custo reduzido de projeto e instalação.

O fato de não se realizar medições durante o período de sopro permitiu que o corpo da sublança pudesse de ser simplificado, principalmente no que diz respeito à

refrigeração, sendo possível o uso de um gás, o nitrogênio, para este fim. Desta forma, não foram necessários a instalação de bombas, válvulas, tubulações e todo o controle para se promover a refrigeração com água, com menores riscos operacionais. O projeto pode ser adaptado permitindo o controle dinâmico utilizando uma sublança refrigerada a água ou fazendo a medição através do sensor de queda.

Devido ao *layout* da área, o equipamento deveria ser compacto, evitando assim alterações significativas nas instalações existentes, além de considerar as interferências com a movimentação e atividades de manutenção das lanças de oxigênio.

A automação foi inserida dentro da filosofia do sistema já existente. Além das telas de operação e de apresentação dos resultados, foram incluídos algoritmos para determinação das variáveis de medição. Um controlador lógico programável (CLP) dedicado foi usado para o seqüenciamento e intertravamento sendo interligado na rede existente.

## **2.2 Funções do Equipamento**

O projeto foi desenvolvido com a premissa de que apenas seriam realizadas medições fora de sopro, ou seja, não haveria medições intermediárias. Desta forma, a prática operacional necessitava assim das seguintes funções:

- medição da temperatura, teor de oxigênio e amostragem do aço após o fim de sopro;
- determinação do teor de carbono do aço, através da correlação com o teor de oxigênio medido;
- medição da altura da sola do convertedor;
- medição da altura do nível de carga carregada (gusa + sucata) no convertedor;
- medição da espessura da camada de escória carregada no convertedor;
- medição da altura do nível de aço no convertedor após o fim de sopro; e
- medição da espessura da camada de escória fim de sopro no convertedor.

## **2.3 Componentes do Equipamento**

### **2.3.1 Estrutura da lança**

É a estrutura de sustentação do conjunto da lança, por onde corre o carro. Possui as posições de “operação” e “manutenção”, que consiste em um deslocamento de 3° na horizontal da estrutura, devido interferência com a movimentação e atividades de manutenção das lanças de oxigênio.

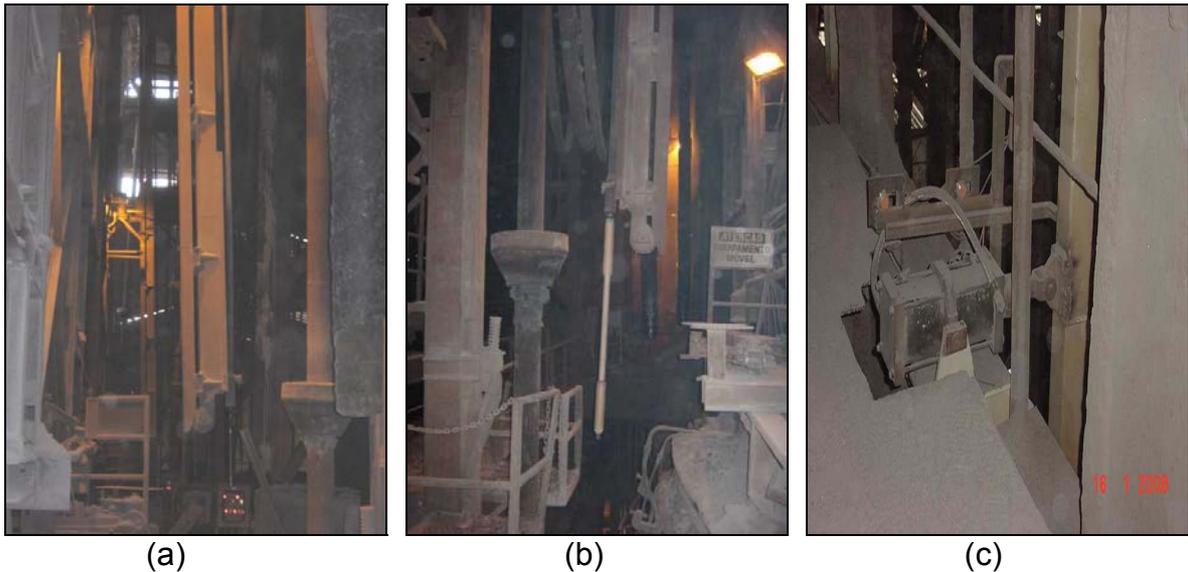


Figura 1 – Ilustração da estrutura da lança (a), (b) e do cilindro de posicionamento da estrutura (c).

### 2.3.2 Carro da lança

É o carro, onde está fixada a lança propriamente dita, percorre o curso de deslocamento da lança tracionado por um moto redutor interligado por uma corrente de rolos. A posição de altura da lança é monitorada por meio de um *encoder* acoplado a esse moto redutor, que é controlado por um inversor de frequência. Desta forma, a movimentação da lança foi dividida em 3 velocidades: baixa, média e alta.



Figura 2 – Ilustração do carro da lança (a) e do moto redutor de acionamento da lança (b).

### 2.3.3 Lança

A lança é constituída de dois tubos concêntricos sendo que, no interior do tubo interno, passa o cabo de compensação. Entre as paredes dos tubos interno e externo, na parte superior, é injetado, durante as medições, um fluxo de nitrogênio para o resfriamento da lança. Em sua extremidade inferior, interligada ao tubo interno por meio de uma luva, existe a ponteira (*holder*), onde é conectado o sensor descartável.



(a)



(b)

**Figura 3** – Ilustração da lança (a) e da lança com um sensor conectado (b).

### 2.3.4 Magazine dos sensores

É constituído de cinco câmaras independentes com capacidade para armazenamento de até 14 sensores descartáveis cada. A cada uma é associado um tipo específico e possui um dispositivo para indicar para o sistema de automação o número de sensores existentes. Um dispositivo pneumático, quando acionado, comanda a “descarga” de um sensor para o transportador.



(a)



(b)

**Figura 4** – Ilustração do magazine fechado (a) e aberto (b).

### 2.3.5 Transportador de sensores

Acionado por um moto redutor possui as posições de “recuar”, onde recebe o sensor que sai do magazine, e a posição de “avançar”, onde o sensor é transferido para o braço conector.



(a)



(b)

**Figura 5** – Ilustração do transportador de sensores (a) e (b).

### 2.3.6 Braço conector

O braço conector recebe o sensor que saiu do magazine na horizontal, através do transportador. A presença de um sensor no braço é indicada por um detector fotoelétrico. Uma garra acionada por um cilindro prende o sensor, permitindo que o braço gire, colocando este sensor na posição “vertical” e na trajetória da ponteira de conexão da lança. Essa, quando desce, é direcionada pelo cone guia presente neste braço, e penetra no interior do sensor efetuando a sua conexão. Posteriormente, o braço conector retorna para a posição “horizontal” de espera. O movimento do braço conector “horizontal / vertical” é realizado por um sistema hidráulico.



(a)



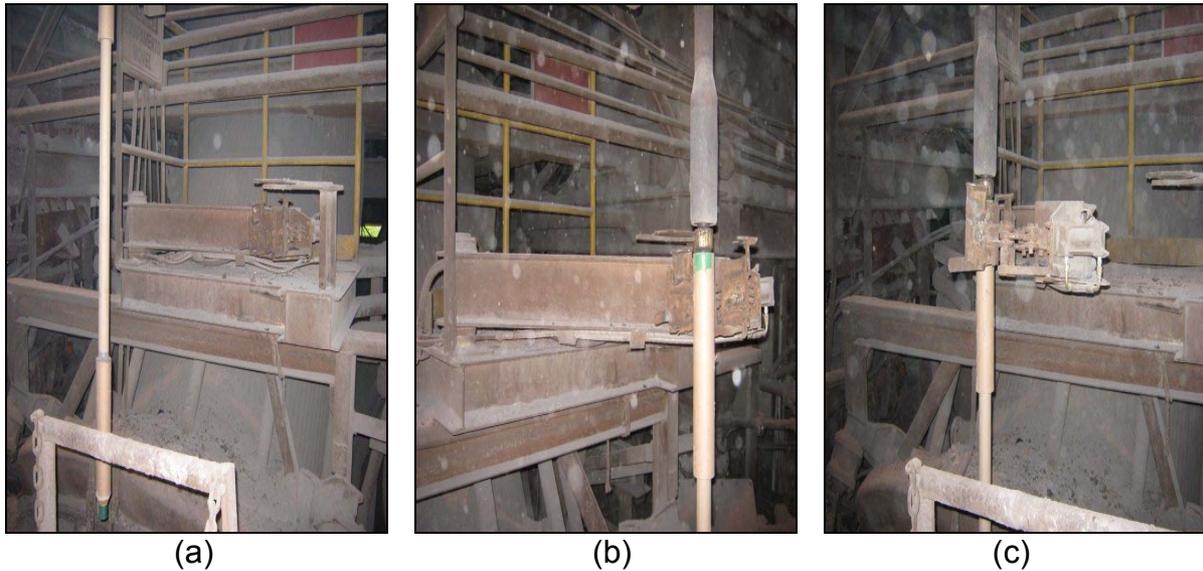
(b)

**Figura 6** – Ilustração do braço conector (a) e com sensor (b).

### 2.3.7 Braço desconector

O braço desconector de sensor, acionado por cilindro pneumático, possui duas posições. A posição de “esperar” e a posição de “desconectar”. Na posição de “desconetar”, uma garra abraça um sensor conectado à lança, quando essa estiver na posição de desconexão. Já na posição de “esperar”, o sensor preso pela garra

está sob um duto que o conduz, por gravidade, até a plataforma de trabalho, quando a garra for aberta. A partir daí o sensor é manipulado para retirar a amostra.



**Figura 7** – Ilustração do braço desconector do sensor em operação (a), (b) e (c).

### **2.3.8 Bocal de sublança**

É o orifício onde a sublança entra no interior do capuz, para em seguida imergir no banho metálico. Nesse bocal existe uma tampa acionada por um cilindro pneumático e um anel de selagem com nitrogênio para evitar a saída de gases e pó de dentro da chaminé. A tampa do bocal mantém-se fechada, sendo aberta automaticamente nas medições, após a abertura da válvula de nitrogênio para selagem.

## **2.4 Modos de Operação do Sistema**

A lança automática de medições pode ser operada via painel local ou remotamente através das estações de supervisão. A definição é feita através de uma chave seletora presente nesse painel.

### **2.4.1 Operação local**

É feita passo a passo, manualmente, via painel local, sendo possível realizar todas as etapas dos processos de posição, seleção, conexão e desconexão do sensor.

Visando preservar a segurança do sistema, a etapa de medição não é possível ser executada neste local.

### **2.4.2 Operação remota**

São realizadas através das estações de supervisão do sistema de automação dos convertedores já existente. Nessas estações é possível selecionar as opções de funcionamento da sublança nos modos computador, automático ou manual.

## **2.5 FASES DO CICLO DE MEDIÇÃO**

Pode-se separar em cinco fases a operação da sublança:

### 2.5.1 Posicionamento

A estrutura de sustentação do conjunto da sublança possui duas posições, “operação” e “manutenção”. A necessidade dessa fase é para permitir o trânsito das lanças de oxigênio reservas, uma vez que, na posição de operação, a estrutura da sublança adentra a rota de passagem dessas lanças. Um CLP, de controle das talhas que transportam essas lanças, faz o intertravamento com a estrutura da sublança na posição de operação. Essa fase dura 8 segundos.

### 2.5.2 Seleção

Consiste na escolha do tipo de sensor presente em qualquer uma das 5 câmaras.



(a)



(b)

Figura 8 – Etapa de seleção do sensor via sistema supervisório atual (a), operação anterior (b).

### 2.5.3 Conexão

Independentemente do modo de operação, a etapa de conexão obedece à seguinte seqüência: seleção, descarga e transporte de um sensor até o braço conector, que por sua vez conduz o sensor da posição horizontal até a vertical, colocando-o na trajetória da ponteira de conexão da lança. Essa fase dura 57 segundos.



(a)



(b)



(c)

Figura 9 – Etapa de conexão do sensor via sistema supervisório atual (a) e (b). Operação anterior (c).

## 2.5.4 Medição

A medição somente poderá ser realizada nos modos “computador ou automático” através das estações de supervisão. A movimentação de subida e descida da sublança segue um perfil de velocidade parametrizado. A profundidade de penetração objetivada no banho é de 400 mm.

Na estação de cálculo, os valores colhidos durante as medições são apresentadas automaticamente na forma gráfica e com valores digitais de temperatura, FEM, oxigênio, altura da sublança. A determinação do teor de carbono do aço, através da correlação com o teor de oxigênio medido, apresenta uma análise de fim de sopro para o vazamento. Os valores de nível são também tratados, armazenados e enviados para a estação de supervisão através da estação de cálculo. Essa fase dura 59 segundos.

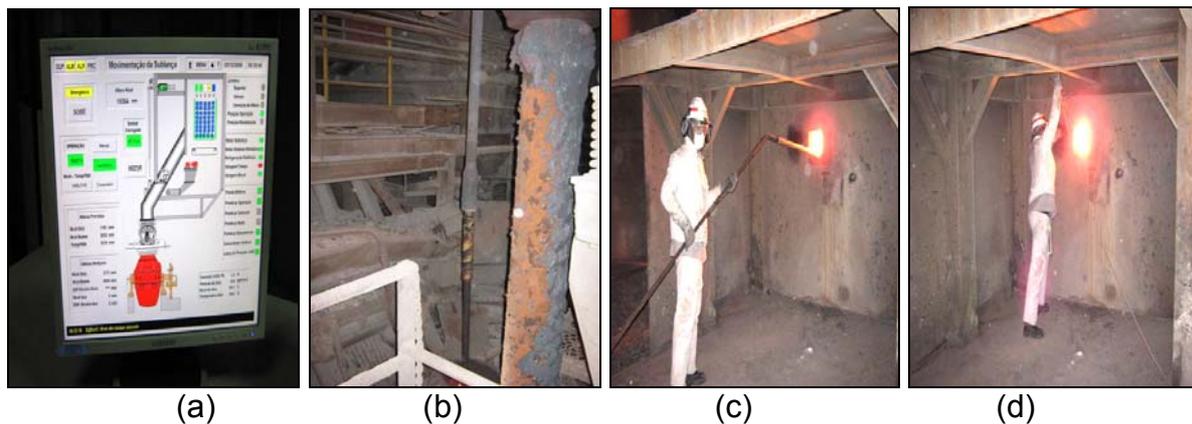


Figura 10 – Etapa de medição via sistema supervisório atual (a) e (b). Operação anterior (c) e (d).

## 2.5.5 Desconexão

A desconexão ocorre no final de uma medição. A lança para ao atingir a altura determinada. O braço desconector avança e agarra o sensor. A lança sobe deixando o sensor livre. O braço desconector gira até a posição de repouso liberando o sensor no duto que leva até a plataforma de trabalho. Essa fase dura 23 segundos.

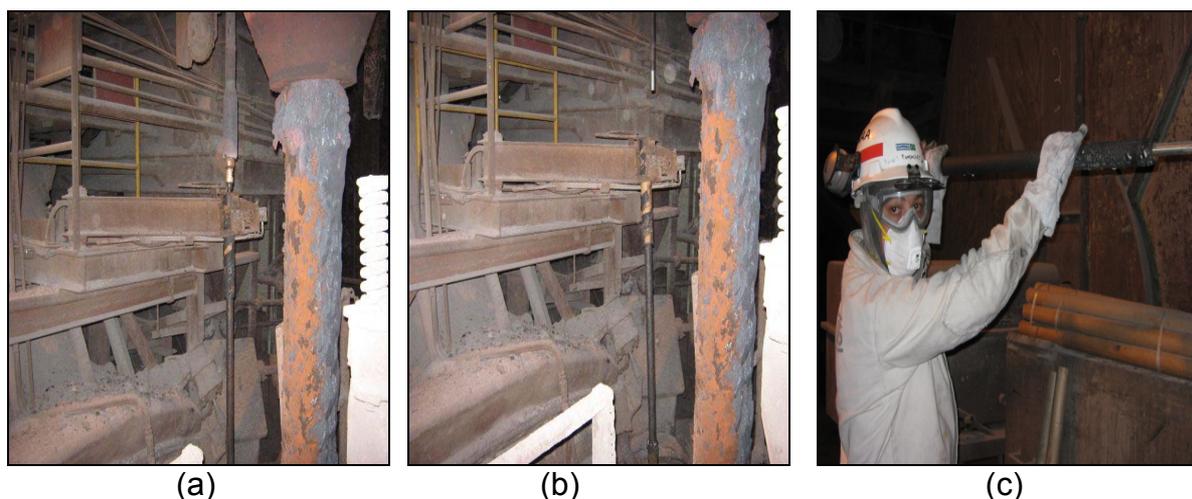


Figura 11 – Etapa de desconexão via sistema supervisório atual (a) e (b). Operação anterior (c).

## 2.6 Desenvolvimento de Sensores

A princípio estudou-se a viabilidade de se utilizar os mesmos sensores já em uso na sublança dos convertedores da aciaria 2, onde é usado o sistema de controle dinâmico, porém fatores relacionados às dimensões necessárias inviabilizaram esta idéia. Assim houve a necessidade de se adequar os sensores à aplicação, sendo definidas as seguintes premissas:

- menor custo;
- maior comprimento possível do sensor (1.600 mm) de forma a proteger o corpo da sublança durante a medição;
- adequação do diâmetro e comprimento para facilitar o projeto do magazine;
- garantir a conexão do sensor nas condições do sistema, observando a força necessária para a tal operação;
- desenvolver um sistema de conexão que reduzisse os efeitos do empeno do corpo da sublança; apesar da redução do diâmetro; e
- facilidade de manutenção na troca do holder e conectores.

A engenharia da ECIL teve como principal desafio a tarefa de projetar um novo produto utilizando ao máximo os materiais e ferramentas já existentes, pois o prazo para desenvolvimento e produção em escala industrial era exíguo.

Após trabalho conjunto entre a CFP, Usiminas e ECIL, considerando-se as premissas iniciais, foi desenvolvido um protótipo de um sensor combinado de temperatura, oxigênio e amostra que derivou em sensores de temperatura/amostra, e temperatura. Também foram criados dois outros sensores para determinação do nível de banho e da sola do convertedor.

Não sendo possível utilizar o holder padrão usado nas demais sublanças existentes em outras usinas, foi necessário desenvolver um sistema de conexão que permitisse o uso do sensor com menor diâmetro. O maior temor estava relacionado à redução do diâmetro do sensor e conseqüentemente do holder, que dificultariam a conexão automática, especialmente quando houvesse um empeno no corpo da sublança. Para isto, a base do projeto foi o tipo de conexão a ser usada, optando-se por um padrão existente e conhecido com MK V que é adotado em outros produtos ECIL.

Considerando-se que o diâmetro interno dos sensores seria de apenas 28 mm e também que a conexão poderia ser afetada por pequenos empenos no corpo da sublança, decidiu-se por desenvolver um *holder*/bloco de conexão de apenas 600 mm. Isto ajudaria a minimizar os efeitos do empeno. Colocou-se também uma luva e guia com diâmetro interno de 70 mm para auxiliar a conexão e permitir o rolamento dos sensores durante o transporte entre o magazine e o braço conector.

A Figura 12 apresenta um desenho esquemático deste conjunto e a Figura 13 a montagem do conjunto.

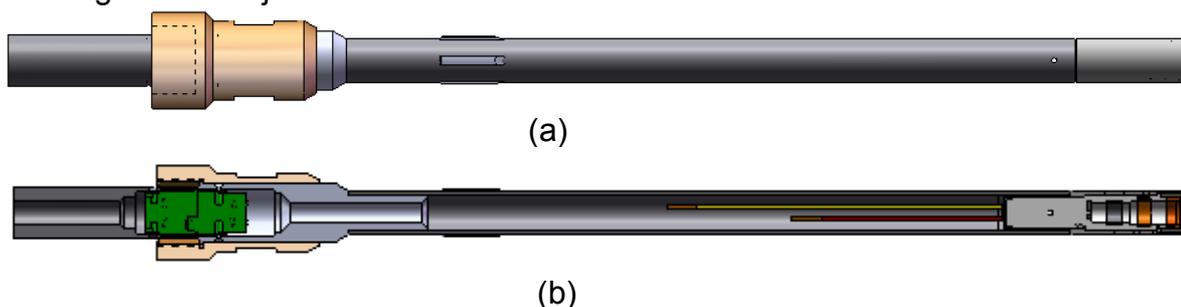


Figura 12 – Desenho esquemático do sensor combinado TSO (a) e (b).

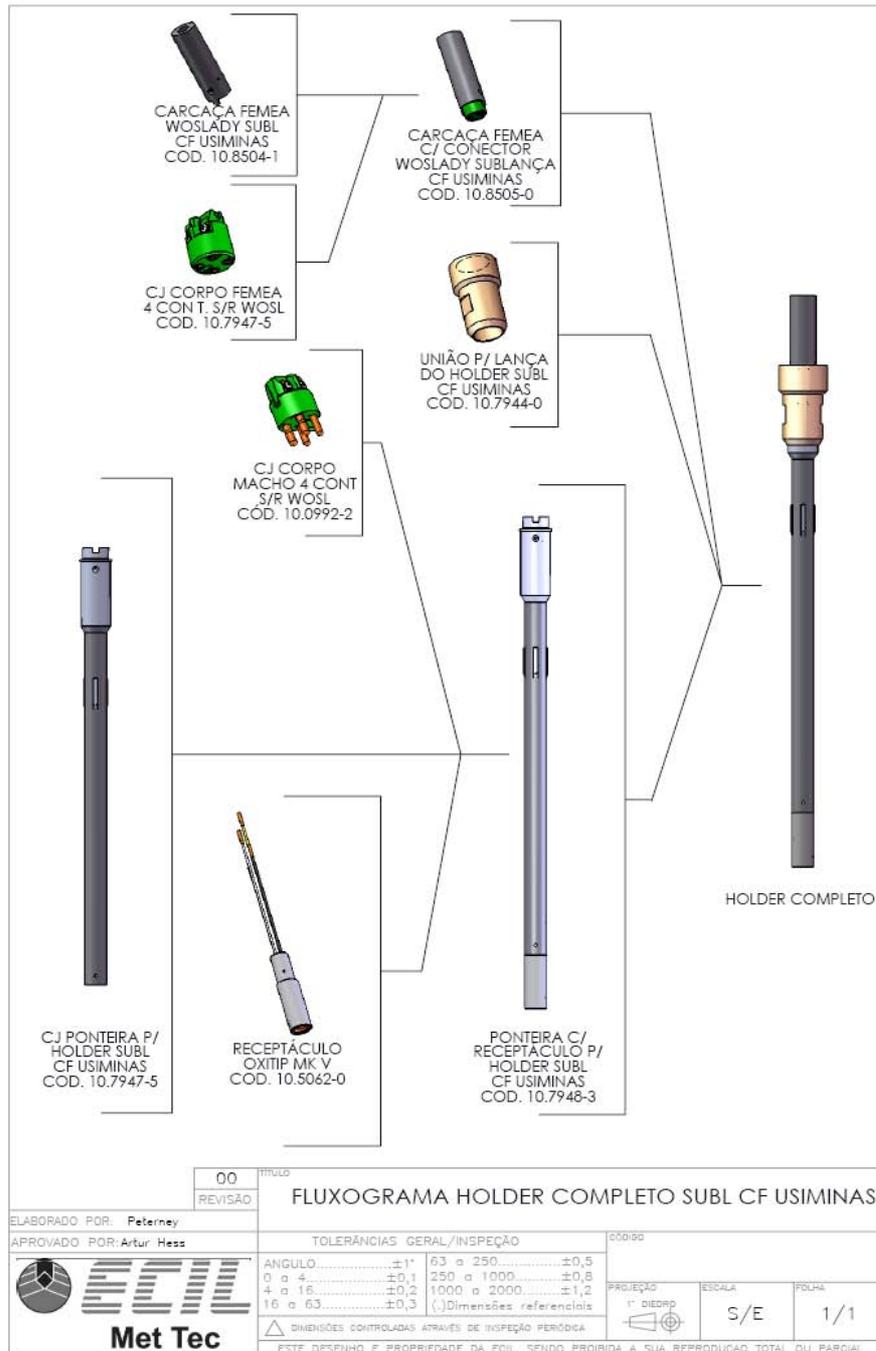


Figura 13 – Montagem do holder e bloco conector

A Figura 14 apresenta o sensor combinado de temperatura, amostra e oxigênio. Os demais sensores são similares.

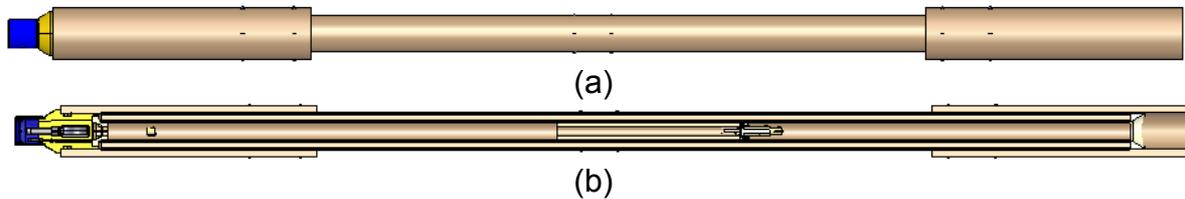


Figura 14 – Desenho do sensor combinado TSO (a) e (b).

### 3 RESULTADOS OPERACIONAIS ESPERADOS NA USIMINAS

Os resultados globais esperados com a instalação desse equipamento são:

- aumento na segurança operacional;
- aumento da produtividade. Redução do tap to tap em 2 minutos;
- melhoria da qualidade. Redução média do teor de oxigênio livre no fim de sopro em 150 ppm;
- menor perda de temperatura. Redução média de 10°C na temperatura fim de sopro;
- melhoria do rendimento em aço. Redução de perdas metálicas;
- aumento na vida do revestimento refratário; E
- índice de funcionamento da sublança > 85,0%.

### 4 CONCLUSÃO

A sublança CFP foi implantada nos três convertedores da Aciaria 1, no período de janeiro a julho de 2008, sem a necessidade de paradas do convertedor com perdas de produção. Desde então vem sendo utilizada com sucesso na execução de sua função principal que é a medição da temperatura, teor de oxigênio e amostragem do aço após o fim de sopro.

Os objetivos de maior segurança operacional e de processo, maior produtividade e melhoria do rendimento, dentre outros, foram alcançados em um curto espaço de tempo.