



Grupo de Estudo de Geração Térmica-GGT

Desafios encontrados na implantação de sistema de monitoramento contínuo de emissões atmosféricas no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda.

LILIANA DUTRA DOS SANTOS(1); ROFFERSON ROSA IZIDORO(2); JUCELI LOCKS JUNIOR(3); DANIEL JOSÉ SCHMITZ DE AGUIAR(4); FÁBIO SILVEIRA COSTA(5); ENGIE(1);ENGIE(2);ENGIE(3);ENGIE(4);ENGIE(5);

RESUMO

A Usina Termelétrica Lacerda C (UTLC) gera energia elétrica a partir da queima de carvão da região sul de Santa Catarina, o qual possui alto teor de enxofre e cinzas. Os gases de exaustão saem por uma chaminé de concreto armado de 200 m de altura e aproximadamente 6,4 m de diâmetro de topo. Neste artigo serão apresentadas as etapas da implantação de um sistema completo de monitoramento contínuo de emissões instalado na chaminé da UTLC, incluindo todos os desafios enfrentados desde a seleção da melhor tecnologia até a obtenção dos primeiros resultados.

PALAVRAS-CHAVE

Emissões, Monitoramento, Contínuo, Termelétrica, Carvão

1.0 - INTRODUÇÃO

As emissões atmosféricas representam um dos maiores aspectos ambientais de uma usina termelétrica, especialmente quando o combustível utilizado é o carvão mineral, como no caso do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (CTJL). A queima do carvão resulta na emissão de diferentes efluentes gasosos, sendo os principais o material particulado e os óxidos de enxofre e nitrogênio (NOx e SOx). O monitoramento destes poluentes é fundamental para adoção de medidas de controle, cumprimento de condicionantes ambientais e avaliação do impacto das atividades das usinas na qualidade do ar da região.

O monitoramento das emissões de processos de combustão em termelétricas é realizado principalmente através de medições pontuais nos gases de exaustão. Apesar do histórico de resultados servir como base para avaliação, este tipo de medição representa apenas uma fotografia do momento, dificultando o controle no processo produtivo em tempo real.

A primeira usina do CTJL a receber um sistema completo de monitoramento contínuo de emissões atmosféricas (CEMS) foi a Usina Termelétrica Lacerda C (UTLC), a qual possui capacidade instalada de 363MW. O projeto contemplou o monitoramento de vazão, temperatura, pressão, teor de oxigênio e as concentrações de NOx, SO₂, CO e material particulado. Os dados serão transmitidos em tempo real para o órgão ambiental.

As características únicas desta usina tornaram o projeto complexo e cheio de desafios. Neste artigo serão apresentadas as etapas da implantação do sistema, incluindo a escolha da melhor tecnologia, peculiaridades do processo de instalação e primeiros resultados. O orçamento para implantação do projeto foi liberado em 2017 e a instalação foi concluída em 2018. Não serão abordados detalhes comerciais do projeto e detalhes que pertençam à propriedade intelectual do fornecedor.

2.0 - IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

A implantação do projeto contemplou desde a fase de estudo do sistema até a seleção do fornecedor, aprovação do projeto, instalação e comissionamento.

2.1 Descrição do Empreendimento

A UTLC faz parte do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (CTJL), localizado no sul de Santa Catarina, no centro da cidade de Capivari de Baixo. A região de influência do CTJL inclui a cidade onde está inserido, a qual possui pouco mais de 24 mil habitantes, e a cidade vizinha, Tubarão, com população aproximada de 105 mil habitantes.

A usina possui capacidade instalada de 363 MW e queima aproximadamente 125.000 toneladas de carvão por mês. A Licença Prévia do empreendimento foi emitida em 1989 e a operação foi iniciada apenas em 1996. Atualmente possui Licença Ambiental de Operação (LAO) emitida pelo órgão ambiental estadual de Santa Catarina (Instituto de Meio Ambiente – IMA) em janeiro de 2018, válida até 2022.

O carvão mineral CE 4500, utilizado como fonte de energia no processo, é proveniente da bacia carbonífera do sul de Santa Catarina. Este carvão possui em média 43% de cinzas e 2% de enxofre, e sua combustão gera gases contendo SOx, NOx e alto teor de material particulado.

Os gases de exaustão da combustão na caldeira da UTLC passam por dois precipitadores eletrostáticos, com eficiência mínima de 99%, para remoção de material particulado e saem por uma chaminé de 200 m de altura. Não existem equipamentos ou sistemas de controle para as emissões de SOx e NOx. Existem pontos de amostragem de material particulado e gases localizados nos dutos de saída dos precipitadores eletrostáticos, antes da entrada dos gases na chaminé. Além das medições pontuais, estão instalados nestes locais, monitores contínuos de material particulado. A Figura 1 apresenta a configuração descrita acima.

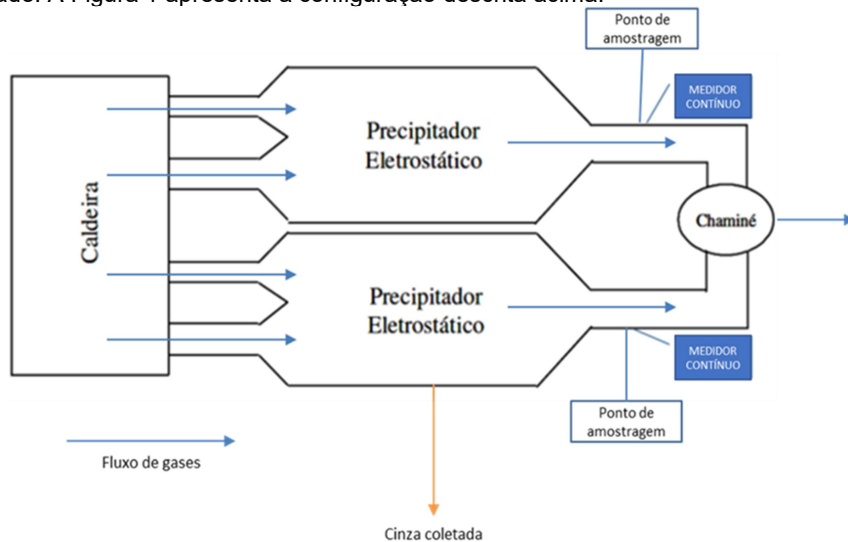


FIGURA 1 – Fluxo de gases na UTLC e pontos de monitoramento das emissões.

2.2 Objetivo da implantação do sistema

Conforme descrito no item 2.1, até 2018 não havia medidores contínuos para determinação das concentrações de gases na UTLC, apenas medidores contínuos de material particulado instalados nos dutos. A medição em tempo real das emissões, além de melhorar o monitoramento, permite maior rapidez na aplicação dos controles operacionais, quando necessário.

O CTJL possui 3 estações de qualidade do ar nas cidades de Tubarão e Capivari de Baixo, as quais monitoram partículas, SO₂, NOx, CO e outros, em tempo real. Também são realizados estudos de dispersão atmosférica para avaliação da influência das usinas no ar da região. O registro de dados de emissões também em tempo real tornará estes estudos muito mais precisos.

O projeto em questão tratou da instalação de um sistema de monitoramento contínuo das emissões da UTLC contemplando as concentrações de material particulado, SOx em termos de SO₂ (dióxido de enxofre), NOx em termos de NO₂ (dióxido de nitrogênio), CO (monóxido de carbono), com medições de O₂ (oxigênio) para correção das concentrações, e ainda vazão, temperatura e pressão dos gases.

O monitoramento contínuo das emissões de material particulado, SO₂ e NOx e O₂ com a transmissão dos dados para o órgão ambiental atenderá as condicionantes da LAO 202/2018. O monitoramento contínuo de vazão, pressão e temperatura permitirá o cálculo da massa de poluentes emitido, utilizado em diversos relatórios oficiais.

2.3 Local de Instalação

A primeira decisão a ser tomada foi o local de instalação do sistema: mesmo local dos monitores de particulado já instalados, com acesso mais fácil, ou na chaminé. Para instalação nos dutos seria necessária a instalação de dois sistemas, ou então, de uma sonda para cada duto e um sistema único de análise, o qual intercalaria as amostragens entre os dois dutos.

Avaliou-se também as determinações sobre monitoramento contínuo de emissões descritas no anexo XIV da Resolução Conama 436/2011[1], o qual exige o mínimo de 67% do tempo da operação monitorada em um ano, sendo a média diária válida quando houver monitoramento válido no mínimo 75% do tempo.

Tendo em vista que as seções transversais dos dutos não atendem aos critérios de medição ideal descritos pela norma CETESB L9.221/1990[2], concluiu-se que a instalação na chaminé atenderia melhor as condições de linearidade de fluxo para medição de material particulado, facilitaria a avaliação das emissões da usina (sem a necessidade de calcular a média ponderada entre os dutos) e atenderia mais facilmente os requisitos de frequência definidos pela Resolução Conama 436/2011.

2.4 Avaliação das Características dos Processo

O monitoramento contínuo de emissões deve ser confiável, preciso e robusto, especialmente considerando a necessidade da transmissão dos dados para os órgãos ambientais. Desta forma, foram avaliadas criteriosamente as tecnologias mais utilizadas e disponíveis no mercado, especialmente para medição de gases, material particulado e vazão.

Inicialmente, procurou-se encontrar referências na literatura, em normas internacionais, e em grandes companhias, avaliando as melhores práticas entre os sistemas apresentados. No entanto, constatou-se que não existe melhor sistema, e sim o sistema mais adequado para cada aplicação. Desta forma, foi dada atenção às características da estrutura de instalação e do processo.

A chaminé da UTLC pode ser visualizada na Figura 2, na qual é possível identificar a existência de plataforma, construída na altura de 63,35 m, com acesso através de escada marinheiro. Na altura da plataforma já existiam disponíveis 4 furos preparados para realização de amostragens isocinéticas, embora nunca tivessem sido utilizados.

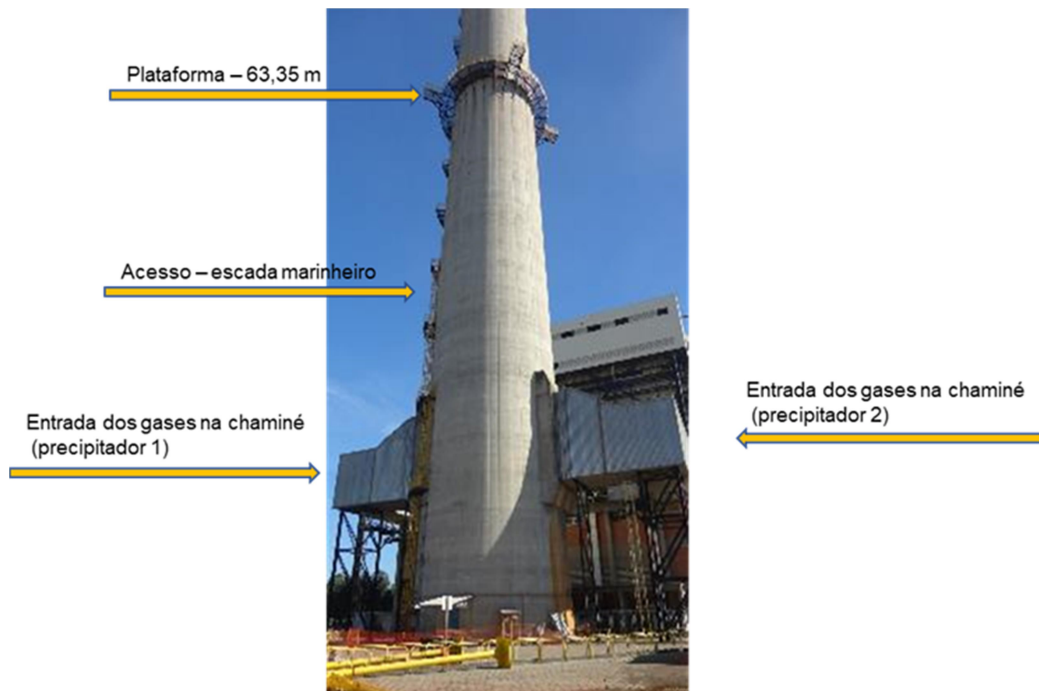


FIGURA 2– Chaminé da UTLC vista de baixo.

Nesta fase de estudo foram levantadas as características da chaminé, através de desenho antigo encontrado. Estas características são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 – Características da Chaminé da UTLC.

| | |
|---|----------|
| Altura total chaminé (m) – nível solo | 200,00 |
| Altura plataforma (m) | 63,35 |
| Diâmetro externo (m) – na altura da plataforma | 11,42 |
| Diâmetro interno (m) – na altura da plataforma | 9,96 |
| Largura plataforma (m) | 2,00 |
| Espessura parede (m) | 0,73 |
| Diâmetro superior interno (m) | 6,44 |
| Material construtivo | concreto |

A natureza das emissões também é fator determinante na definição da tecnologia a ser adotada e dos ranges de medição. A Tabela 2 apresenta as características das emissões da UTLC. Os valores apresentados foram calculados com base nos registros históricos obtidos a partir das medições realizadas nos pontos de amostragens apresentados na Figura 1.

TABELA 2 – Características das emissões atmosféricas da UTLC.

| Parâmetros | Mínimo | Média | Máximo | Unit |
|--|---------------|--------------|---------------|--------------------|
| Velocidade (dutos) | 14 | 18 | 20 | m/s |
| Umidade | 6 | 8 | 12 | % |
| Vazão do gás seco | 800.000 | 1.250.000 | 1.500.000 | Nm ³ /h |
| Temperatura média do gás | 155 | 162 | 168 | °C |
| Concentração média de material particulado | 15 | 150 | 300 | mg/Nm ³ |
| Pressão (saída pptdor 1) | -9,7 | | -29,8 | mmaq |
| Pressão (saída pptdor 2) | -10,1 | | -30,3 | mmaq |
| O ₂ | 4 | 6 | 9 | vol-% |
| SO _x (expresso em termos de SO ₂) | 1000 | 1.884 | 2500 | ppm |
| NO _x (expresso em termos de NO) | 300 | 460 | 700 | ppm |
| Temperatura ambiente | 0 | 15 | 30 | °C |

Observa-se que nunca haviam sido realizadas medições de emissões na chaminé, apenas nos dutos e assim foram feitas algumas inferências para o processo. Considerando a vazão de gás úmido e o diâmetro na altura da plataforma da chaminé, estimou-se uma velocidade dos gases no ponto de amostragem da chaminé entre 3 e 6 m/s considerando 8% de umidade. Também se considerou a média das concentrações de poluentes medidas nos dutos.

Além disso, foi importante considerar que as concentrações de particulado apresentadas na Tabela 2 se referem às condições normais de operação. Porém, concentrações instantâneas podem ultrapassar este valor caso ocorram falhas nos precipitadores eletrostáticos, as quais devem ser apontadas pelo medidor. Os medidores contínuos em operação nos dutos chegaram a registrar picos instantâneos de concentração maiores que 500 mg/Nm³, exigindo a prática das ações do plano de emergência pela operação da usina.

2.5 Escolha das Tecnologias

Ainda no intuito de escolher um sistema que atendesse todas as necessidades, foram visitadas várias empresas com sistemas de monitoramento de emissões instalados, com variadas configurações, e foi possível perceber que existem ofertas no mercado de ótimos equipamentos de medição. Ainda assim, independentemente da tecnologia e/ou fabricante, os cuidados na instalação, a manutenção e a boa assistência técnica são fundamentais para o sucesso do monitoramento. Todo esse processo de *benchmarking* foi fundamental para a segurança na tomada de decisão. Ganharam maior peso os sistemas que já operavam com sucesso em plantas com características semelhantes ao CTJL.

As dimensões da chaminé e a dificuldade de acesso também foram consideradas. O acesso através de escada marinho na altura de 63 m exige, além de planejamento, boas condições físicas da equipe, condições climáticas adequadas e liberação pela equipe de segurança do trabalho. Desta forma, optou-se por instalar o mínimo de componentes na altura de 63 m, quando possível.

2.5.1 Medidores de Gases

As principais tecnologias sugeridas para medição de gases foram os métodos extrativos por diluição e por extração total *cold/dry*. Os sistemas por extração total *hot/wet* não foram considerados por serem muito mais caros e os sistemas *in situ* não foram considerados pelo baixo desempenho para altas concentrações de particulado e dificuldade para calibração [3].

Na Extração por diluição, é realizada a injeção de ar puro no momento da coleta do gás na chaminé com o objetivo de reduzir o ponto de orvalho da amostra ao ponto de orvalho do ar, evitando o uso de linhas aquecidas. Neste caso são utilizados analisadores com faixas de medição na escala de ppb (partes por bilhão) e posteriormente calculada a concentração dos poluentes considerando o fator de diluição. Estes sistemas exigem extremo cuidado com o sistema de diluição, pois qualquer contaminação pode acarretar grandes erros.

No sistema de extração total *cold/dry* a amostra é captada, sem diluição, através de uma sonda com um filtro para reter o material particulado e bombeada através de um traço aquecido para impedir a condensação da amostra até a entrada no sistema de análise. Ao chegar no sistema de análise a amostra é resfriada rapidamente para condensação e retirada da umidade, para que a amostra de gás seco possa entrar no analisador propriamente dito. Nesta configuração, com a amostra concentrada, é possível a utilização de multianalisadores, e não é necessária a aplicação de fatores de correção. Por outro lado, o traço aquecido é um item caro do sistema e requer muito cuidado durante a instalação e atenção na operação pois o sistema de resistência deve manter a temperatura em todo o percurso da amostra. Considerando o *benchmarking* realizado optou-se pelo sistema extrativo total cold/dry.

2.5.2 Medidores de material particulado

A medição contínua de material particulado nas emissões das usinas do CTJL já era realizada por meio de medidores com princípio de cintilação óptica. Este tipo de medidor é composto por um transmissor e um receptor de um feixe de luz visível. Quando as partículas passam através deste feixe, causam uma variação na intensidade da luz recebida. A variação no percentual da luz recebida em relação à emitida é convertida em termos de concentração de material particulado. Existem diversas outras tecnologias disponíveis no mercado para medição de material particulado em fontes fixas, no entanto, os demais princípios de medição não se mostraram adequados ao processo da UTLC, seja pela interferência eletrostática dos precipitadores, seja pela concentração de partículas ou pelo diâmetro da chaminé. Desta forma buscou-se variações mais modernas do próprio sistema de transmissão óptica.

2.5.3 Medidores de vazão

Para escolha do medidor de vazão foi considerada tecnologia adequada para o diâmetro da chaminé, a qual tivesse robustez para suportar a agressividade dos gases e menor probabilidade de entupimento pelo material particulado, evitando falhas e grande número de manutenções. Desta forma, optou-se pela medição ultrassônica.

2.6 Etapa de Projeto

As etapas do projeto envolveram o levantamento das informações solicitadas pelo fornecedor para determinar os ranges dos equipamentos e realizar a aquisição, elaboração dos projetos pelo fornecedor (projeto executivo, elétrico etc.), aprovação dos projetos e execução do sistema de análise durante a importação dos equipamentos (em torno de 120 dias).

Todo o sistema analítico foi montado e testado na fábrica do fornecedor. A conclusão da montagem do sistema, a chegada dos equipamentos importados e a furação da chaminé eram pré-requisitos para instalação de todos os componentes na usina. O sistema contemplou medições *in situ* de temperatura, pressão, vazão e concentração de material particulado, além de sonda para extração dos gases. Na base da chaminé, no nível do solo, foi projetada casa de analisadores, para acondicionamento dos analisadores de gases e demais partes do sistema. O projeto teve início em abril de 2018 e a configuração simplificada é apresentada na Figura 3.

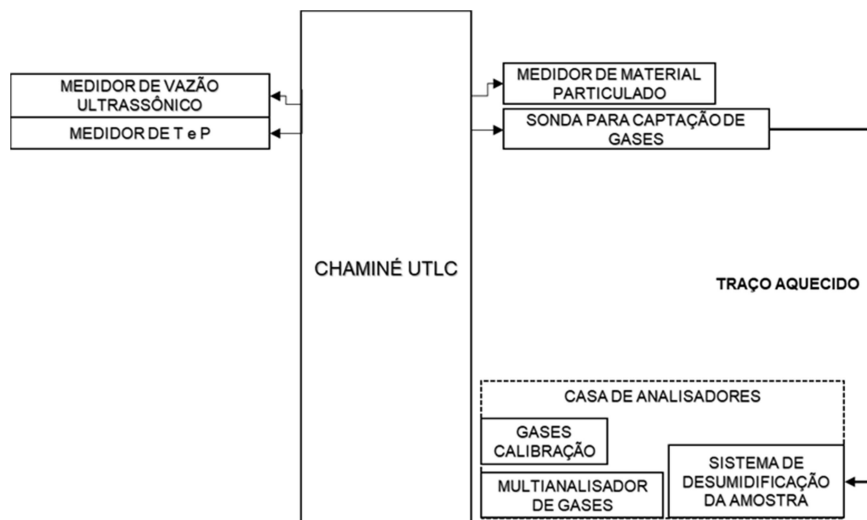


FIGURA 3 – Configuração simplificada do sistema de monitoramento de emissões da UTLC

2.6.1 Dificuldades Enfrentadas

As informações preliminares relativas à chaminé haviam sido coletadas a partir de desenhos antigos disponíveis, da época de construção da usina. Durante o levantamento dos dados para o fornecedor, decidiu-se conferir *in loco* as condições da chaminé, do acesso à plataforma, das furações já existentes para isocinética e da estrutura em si, para subsidiar inclusive a atividade de furação.

Esta inspeção revelou detalhes inesperados. Com os dados coletados anteriormente, imaginava-se que a chaminé possuía estrutura inteira de concreto armado, com 9,96 m de diâmetro interno, conforme citado na Tabela 2. Contudo, a chaminé possui parede dupla, sendo a parede externa de concreto armado, com espessura de 0,43 m, plataforma interna contornando toda a estrutura interna com largura de 1,00 m, e então parede interna construída com tijolo refratário, com 0,16 m de espessura e diâmetro interno de 8,48 m. Os dutos instalados para amostragem isocinética estavam preservados e atravessam as duas paredes. As imagens da inspeção são apresentadas na Figura 4.

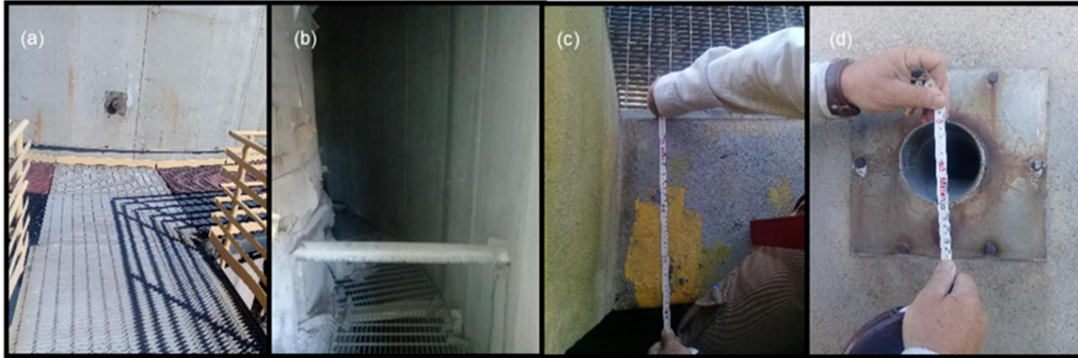


FIGURA 4 – (a). Plataforma de acesso na altura de 63 m. (b). Vão interno da chaminé com plataforma interna de 1m de largura. (c). Confirmação da espessura da parede externa. (d). Verificação dos dutos instalados para amostragem isocinética.

As diferenças encontradas na estrutura trouxeram grandes preocupações, tanto em relação às alterações necessárias no projeto, quanto em relação à furação da chaminé propriamente dita. O primeiro passo foi avaliar junto ao fornecedor as alterações necessárias. O principal impacto sofrido foi na medição da vazão. O medidor de vazão é composto por duas partes, as quais devem ser instaladas alinhadas em um ângulo de 45° ou 60°, sendo o alinhamento perfeito crucial para uma boa medição. O equipamento ultrassônico não possuía comprimento suficiente para ser instalado na parede externa e ainda assim atingir a parede interna (1,6 m de distância). Cogitou-se a fabricação de uma extensão, mas isso dificultaria o alinhamento das partes e a remoção nas manutenções e limpezas periódicas. Assim, a solução seria a instalação direta na parede interna, o que trouxe preocupações da equipe de engenharia civil quanto à integridade da estrutura. Sendo assim a sugestão da contratada foi soldar o bocal (conjunto flange + tubo) em uma placa e parafusar na parede de refratário da chaminé, a qual foi analisada e aprovada.

A instalação de equipamentos na parede interna da chaminé caracterizou a atividade como espaço confinado. A equipe de segurança do trabalho também foi envolvida e avaliou a necessidade de aguardar a parada de operação da unidade para os trabalhos de furação e instalação. Como conclusão da análise pela equipe multidisciplinar envolvida, decidiu-se pela contratação de empresa especializada para furação e não se considerou necessária a parada de máquina para a atividade.

O projeto foi reajustado e a versão final previu 8 furos na chaminé para instalação dos equipamentos, sendo 4 apenas nas paredes internas para instalação do medidor de vazão (duas partes), T e P, 3 furos alinhados nas paredes externa e interna para instalação do medidor de particulado (duas partes) e sonda para coleta de gases e mais 1 apenas na parede externa para passagem de cabos.

2.7 Etapa de Instalação

2.7.1 Furação da Chaminé

O fundamental para o sucesso da etapa de furação foi o planejamento das atividades. Os responsáveis pelo projeto primeiramente fizeram as marcações para as furações e inspecionaram o local. Com as marcas nos locais certos, a empresa contratada para furação conseguiu realizar as atividades em 2 dias, sem maiores contratempos. A Figura 5 mostra as imagens da realização das atividades.



FIGURA 5 – (a). Parede externa durante a furação. (b). Parede externa finalizando o primeiro furo. (c). Vista da parede interna depois de furada em diagonal para instalação do medidor de vazão. (d). Resíduos de concreto da furação.

2.7.2 Instalação dos Equipamentos

Após a furação da chaminé foi dado início à instalação do sistema de bandejamento para cabos, contemplando o traço aquecido, alimentação elétrica, alimentação de ar comprimido e demais suprimentos do sistema. Todo o serviço foi executado com atividade de alpinismo industrial, exigindo atenção redobrada nos quesitos de segurança. A Figura 6 apresenta algumas imagens da execução dos serviços.



FIGURA 6 – Alpinistas industriais realizando a instalação do sistema de bandejamento.

2.7.3 Dificuldades Enfrentadas

A principal dificuldade na etapa de instalação dos equipamentos foi devida às condições climáticas que interferiram diretamente nas atividades de alpinismo. Os serviços de instalação estavam previstos para o mês de novembro e justamente neste período houve vários dias de chuva e principalmente fortes ventos no período da tarde. Muitas vezes com a previsão do vento após o meio dia, as atividades não eram liberadas no período da manhã pelo setor de segurança, pois não haveria tempo hábil para a subida dos equipamentos, realização dos serviços e descida das equipes de forma segura, antes das rajadas de vento. Esse período de incerteza exigiu muita paciência e negociação com a equipe contratada e causou atrasos no projeto.

2.8 Comissionamento e primeiros resultados

No mês de dezembro de 2018 foi concluída a instalação dos equipamentos, realizadas as calibrações dos medidores de gases com os padrões, e realizadas as amostragens isocinéticas para calibração de material particulado. A Figura 7 mostra o painel localizado na casa de analisadores com os registros de dados instantâneos das concentrações dos parâmetros, os quais são armazenados em um *datalogger*, permitindo a elaboração de

gráficos e relatórios. Na Figura 7 também é possível visualizar um exemplo de gráfico com as concentrações dos parâmetros medidos.

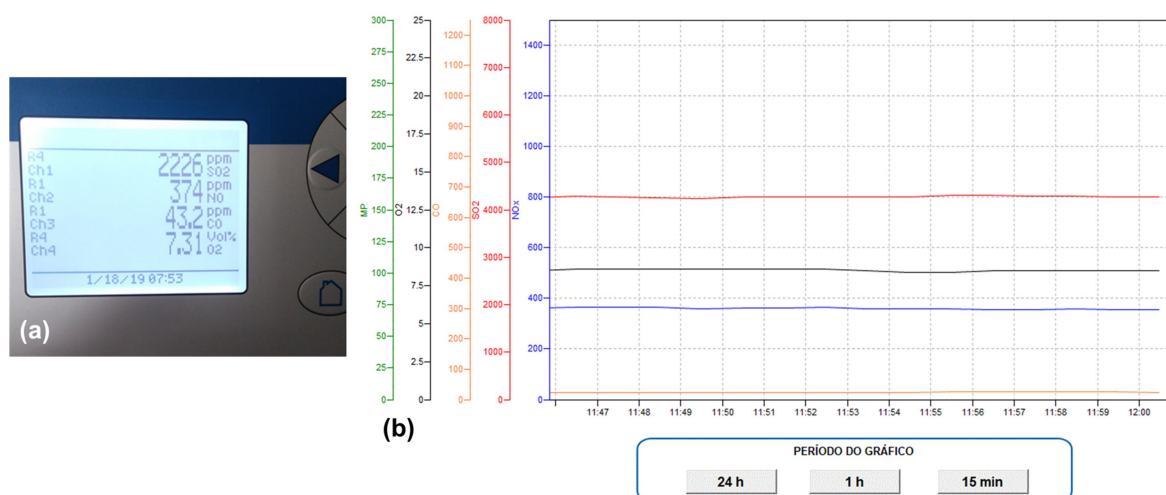


FIGURA 7 – (a). Painel mostrando as concentrações dos parâmetros medidos em ppm e %vol. (b). Gráficos apresentando as concentrações em mg/Nm³.

Os primeiros resultados têm se apresentado dentro da ordem de grandeza esperada pelo histórico registrado na unidade. O sistema está sendo avaliado no primeiro semestre de 2019 para posterior interligação dos dados com o órgão ambiental. Conforme descrito no item 2.2, o CTJL possui 3 estações de monitoramento da qualidade do ar, e pretende-se utilizar os dados de emissões gerados em tempo real para rodar modelos de dispersão atmosférica com maior precisão, gerando maior confiabilidade perante os órgãos ambientais e comunidades vizinhas.

3.0 - CONCLUSÃO

Durante o projeto em questão, foram realizadas pesquisas de mercado e visitas técnicas em diferentes empresas, sendo avaliados diferentes sistemas de monitoramento de emissões atmosféricas. Constatou-se que não existe um único e melhor sistema, e sim sistemas mais adequados para cada aplicação, sendo necessário, em primeiro lugar, o pleno conhecimento das características do processo produtivo (especialmente as concentrações dos poluentes e umidade), e da estrutura de instalação.

Conforme as dúvidas foram surgindo, mais profissionais foram sendo envolvidos na equipe do projeto, mostrando a necessidade de uma equipe multidisciplinar, como os profissionais da área de meio ambiente, os quais conhecem as necessidades de atendimento ambiental, da área de automação e controle, para suporte em relação aos princípios de funcionamento dos equipamentos, das áreas de elétrica e civil para avaliação e acompanhamento dos projetos e instalação, de saúde e segurança do trabalho para supervisão e liberação das atividades, e ainda da operação da usina, os quais deverão observar a influência nas emissões atmosféricas e prever os controles a serem tomados, quando necessário.

Os dados contínuos das emissões serão transmitidos aos órgãos ambientais e devem ter precisão e confiabilidade. Mesmo tendo sido escolhidos equipamentos robustos, uma das principais conclusões deste projeto foi que o bom funcionamento está diretamente relacionado aos cuidados dedicados ao sistema. A estação deve ser verificada periodicamente, deve haver plano de calibração e manutenção preventiva e ainda assim uma boa assistência técnica será fundamental e isso deverá ser levado em consideração no processo de aquisição.

A implantação deste sistema aprimorará a qualidade do monitoramento das emissões, facilitando a adoção de medidas de controle operacionais, quando necessário. A comparação dos dados contínuos de emissões e de qualidade do ar permitirá uma melhor avaliação da contribuição da operação da usina na qualidade do ar da região em que está instalada. Espera-se a consolidação do sistema em 2019, trazendo maior confiabilidade ao processo.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução CONAMA n° 436 de 22 de dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>>. Acesso em: 14.mar.2019.

(2) COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. L9.221 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação dos Pontos de Amostragem: Procedimento. São Paulo, 1990.

(3) McKETTA, John. J. Encyclopedia of Chemical Processing and Design: Volume 65 -- Waste: Nuclear Reprocessing and Treatment Technologies to Wastewater Treatment: Multilateral Approach. 1 ed. New York: Marcel Dekker, Inc., 1998.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Liliana Dutra dos Santos

Engenheira de Utilidades no setor de Meio Ambiente do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda da Diamante Geração de Energia LTDA. Realiza as atividades de gestão ambiental, monitoramento da qualidade de efluentes e emissões atmosféricas, qualidade do ar, gerenciamento de resíduos, processos de licenciamento ambiental, manutenção de certificação ISO 14001, entre outros. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre, 2014. Engenheira Química graduada pela graduada pela UFRGS, em Porto Alegre em 2010.