1 - OBJETO

O presente Contrato tem por objeto a prestação pela CONTRATADA, de Serviços de Avaliação da atividade catalítica e estimativa de tempo de vida do catalisador do sistema de redução catalítica de NOx (SCR) das caldeiras GV-5604 e GV-5605 da Refinaria Presidente Getúlio Vargas – REPAR, em Araucária – Paraná – Brasil, conforme estipulado no presente Contrato e no seu ANEXO 1 – Especificação dos Serviços.
Também são solicitados o cálculo de temperatura de deposição de bissulfato de amônia, análise química do catalisador e distribuição de tamanho de poros.

2 - ESCOPO

2.1 Descrição do sistema SCR da REPAR:

• Cada uma das caldeiras GV-5604 e GV-5605 da REPAR conta com sistema SCR. Contudo, não se dispõe de meios operacionais para acompanhamento da atividade catalítica e estimativa do tempo de vida do catalisador. Porém, há a possibilidade de remoção de amostras do leito catalítico das caldeiras para análise de desempenho em escala de bancada, por meio de uso de aparato específico que simule as condições operacionais do sistema.

• A GV-5604 iniciou a operação em outubro/2011. Inicialmente o sistema operou com 3 leitos catalíticos em série até Agosto de 2021 quando foi incluído um quarto leito.

• A GV-5605 iniciou a operação em setembro/2012. Inicialmente, o sistema operou com 3 leitos catalíticos em série até dezembro de 2021 quando foi incluído um quarto leito.

• A seguir segue o levantamento de número de horas em operação dos leitos catalíticos (layers).

1 - OBJECT

This contract aims at the provision of service by the CONTRATOR for the evaluation of catalyst activity and catalyst working life of NOx Selective Catalyst Reduction Systems (SCR) associated with the Boilers GV-5604 and GV-5605 at Petrobras REPAR Refinery ,– Brazil) according to this contract and its Appendix.
It is requested ammonium bissulfate dew-point calculation, catalyst chemical analysis and pore size distribution as well.

2 - SCOPE OF SUPPLY

2.1 REPAR SCR system description:

• Each of REPAR's GV-5604 and GV-5605 boilers has one SCR system. However, there are no operational means available to do the catalytic activity assessment and estimate catalyst working life. Despite this, it is possible to remove samples from the catalytic bed of the boilers for bench-scale performance analysis, using specific equipment that simulates the operating conditions of the system.

• The GV-5604 started to run in October 2011. Initially, the system has 3 catalytic beds in series. In August 2021 a fourth bed was added.

• The GV-5605 started to run in September 2012. Initially, the system has 3 catalytic beds in series. In December 2021 a fourth bed was added.

• Below, in table 2.1, the total operating hours per layer are listed.

Tabela 2.1: horas em operação dos sistemas até retirada das amostras:

	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4
GV5604	111.775	111.775	111.775	34.292
GV5605	110.100	110.100	110.100	34.570

• O projeto original do equipamento previa tanto a queima de óleo combustível, resíduo asfáltico gás combustível e gás natural. Durante a operação do sistema foi evidenciada a queima prioritária de mistura de gás combustível com gás natural o que tende a reduzir consideravelmente a desativação de catalisador.

• O fornecedor do catalisador informou a atividade catalítica de início de campanha (K_0) de 34,9m/h, mas não foram encontradas referências a respeito da vazão volumétrica utilizada nos cálculos deste fator.

• As amostras de catalisador têm as seguintes dimensões: 1.072mm x140mm x 140mm.

• As condições operacionais a serem utilizadas no levantamento da atividade catalítica bem como na estimativa de tempo de vida do catalisador e cálculo da temperatura de deposição de bissulfato de amônia são listadas a seguir:

Table 2.1: Operating hours of the systems until sample collection:

	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4
GV5604	111.775	111.775	111.775	34.292
GV5605	110.100	110.100	110.100	34.570

• The original SCR design envisioned heavy fuel or natural gas use in the boilers, but in fact it is been used much more gas than fuel oil. This condition reduces the catalyst deactivation.

• The catalyst supplier has informed an original catalytic activity (K_0) of 34.9 m^3/h, however no reference was found about the volumetric flow rate used to calculate this factor.

• The catalyst samples have the flowing dimensions: 1,072mm x140mm x 140mm.

• The operational conditions that will be used on catalysts activity test, working life evaluation and ammonium bisulfate dew point calculation are listed below:

Tabela 2.2: Dados operacionais

		Projeto	Atual – máxima carga	Atual – mínima carga
combustível		óleo	gás	gás
Número de leitos por reator		3	4	4
Vazão vol.	$Nm^3/h^{(1)}$	299.250,15	300.400,27	139.973,98
Vazão vol.	m^3/h	698.250,36	687.873,34	299.152,93
Temp. entrada	ºC	364	352	310
Volume Total catalisador	m^3	199	265	265
Área específica	m^2/m^3	502	502	502
Pitch do catalisador	mm	7,05	7,05	7,05
Parede do catalisador	mm	0,7	0,7	0,7
Comp. Catalisador por layer	mm	1025	1025	1025
O_2	vol%	2,3%	3,2%	3,6%
N2	vol%	72,9%	71,5%	71,7%
CO2	vol%	12,7%	8,2%	8,0%
H2O	vol%	12,2%	17,1%	16,7%
NO_X entrada	ppmvd @ 3% O2	456,9	157,5	106,8
NO_X entrada	ppmvd @ actual% O2	475,2	155,4	103,3
NO_x requerido saída	ppmvd @ 3% O2	19,9	19,5	19,5
SO_x entrada	ppmvd @ 3% O2	654	27	27
NH_3 slip	ppmvd @ 3% O2	3	3	3

2.2 Atividade catalítica e tempo de vida do catalisador

• A avaliação da atividade catalítica deverá ser realizada por meio da reprodução em escala de bancada das condições operacionais detalhadas na tabela 3.1, conforme procedimentos referenciados no item 3.

Table 2.2: Operational data

		Design	Actual – maximum load	Actual – minimum load
fuel		oil	gas	gas
Numbers of layers in reactor		3	4	4
Vol. flow	$Nm^3/h^{(1)}$	299.250,15	300.400,27	139.973,98
Vol. flow	m^3/h	698.250,36	687.873,34	299.152,93
Inlet temperature	ºC	364	352	310
Total Catalyst volume	m^3	199	265	265
Catalyst specific surface area	m^2/m^3	502	502	502
Catalyst Pitch	mm	7,05	7,05	7,05
Catalyst wall	mm	0,7	0,7	0,7
Catalyst length per layer	mm	1025	1025	1025
O_2	vol%	2,3%	3,2%	3,6%
N2	vol%	72,9%	71,5%	71,7%
CO2	vol%	12,7%	8,2%	8,0%
H2O	vol%	12,2%	17,1%	16,7%
Inlet NO_X	ppmvd @ 3% O2	456,9	157,5	106,8
Inlet NO_X	ppmvd @ actual% O2	475,2	155,4	103,3
Required Outlet NO_x:	ppmvd @ 3% O2	19,9	19,5	19,5
Inlet SO_x	ppmvd @ 3% O2	654	27	27
NH_3 slip	ppmvd @ 3% O2	3	3	3

2.2 Catalyst Activity and working life:

• The evaluation of catalytic activity shall be carried out by reproducing on a bench scale the operating conditions detailed in Table 2.2, according to the procedures referenced in item 3.

• Durante a avaliação, deverão ser contempladas as condições de composição do gás de combustão, de temperatura de entrada do leito catalítico e de vazão de gás compatível com a escala das amostras de catalisador.	• During the catalyst test, the combustion gas composition, catalytic bed inlet temperature, and gas flow rate compatible with the scale of the catalyst samples shall be considered.
• Deverá ser emitido relatório contendo os resultados das análises e demais informações reletantes.	• A report containing the results of the analysis and other relevant information shall be issued.
• Eventuais ajustes poderão ser realizados, em acordo com os procedimentos referenciados no item 3, de modo a garantir maior acurácia. Estes ajustes deverão estar indicados no relatório de análises.	• Any necessary adjustments may be made, in accordance with the procedures referenced in item 3, to ensure greater accuracy. These adjustments must be indicated in the analysis report.
• O valores utilizados de “area velocity” e razão molar NH3/NO_x nos testes deverão ser indicados no relatório.	• The values used for area velocity and the NH3/NOx molar ratio in the tests may be indicated in the report.
• Para preparação das amostras ao aparato de testes, deve ser mantido pelo menos 90% do comprimento original.	• To prepare the samples for the testing apparatus, at least 90% of the original length must be maintained.
• A atividade catalítica deverá ser levantada para cada uma das amostras em cada uma das condições operacionais apontadas na tabela 2.2 e para cada uma das caldeiras. Total de 24 condições.	• The Catalytic Activity shall be measured for each sample under each of the operating conditions indicated in Table 2.2 and for each boiler. Total of 24 conditions.
• O relatório deverá apresentar a atividade catalítica de cada uma das amostras bem como o o valor global por sistema.	• The report shall present the catalytic activity of each of the samples as well as the overall value per System.
• O relatório deverá conter estimativa do tempo de vida útil dos leitos catalíticos e respectiva constante de tempo de vida utilisada, de modo a subsidiar a definição de estratégia de substituição dos leitos, considerando cada uma das condiçõe da tabela 2.2.	• The report shall contain an estimation of the catalyst working life and the respective working life constant used to support the definition of replacement strategy of the layers, considering each of the conditions in Table 2.2.
2.3 Temperatura de deposição de Bissulfato de Amônia:	2.3 Ammonium Bissulfate:
• Com base em literatura e nas condições representadas na tabela 2.2, e conversão de SO2 a SO3 típica para aplicações semelhantes,	• Based on literature and the conditions represented in Table 3.1, and typical SO2 to SO3 conversion for similar applications,

solicita-se calcular e apresentar memória de cálculo para temperatura de formação de bissulfato de amônia, de modo a ratificar a temperatura mínima de operação dos SCRs.	calculate and present the results for the ammonium bisulfate dew point, to confirm the minimum operating temperature of SCR system.
2.4 Análise Química • Realizar em uma das amostras (a do primeiro leito da GV5604) análise global e de superfície de composição da amostra por meio de fluorescência de raio x (elementos mais pesados que sódio), com o objetivo de identificar possíveis contaminantes.	2.4 Chemical Analysis • Perform a global and surface composition analysis of one of the samples (the one from the first layer of GV5604) using X-ray fluorescence (elements heavier than sodium), with the aim of identifying possible contaminants.
2.5 Distribuição de tamanho de poros e área superficial BET: • Realizar em uma das amostras (a do primeiro leito da GV5604) análise de distribuição de tamanho de poros e área específica BET por meio de isoterma de adsorção de nitrogênio (40pontos). • Realizar análise para posição a entrada e saída da amostra	2.5 Catalyst Pore-Size Distribution & BET Area: •Perform a pore size distribution and BET specific area analysis on one of the samples (the first layer of GV5604) using a nitrogen adsorption isotherm (40 points). •Perform analysis for the inlet and outlet positions of the sample.
3. Procedimentos Aplicaveis Como referência o teste de desempenho para apuração da atividade catalítica e estimativa de tempode vida deve seguir os documentos: • EPRI Laboratory Testing Guidelines for Combustion Turbine Selective Catalytic Reduction (SCR) and Carbon Monoxide (CO) Oxidation Catalysts, 2nd Edition • EPRI Laboratory Testing Protocol for Coal-Fired SCR Catalyst: 3rd Edition," Report 3002013048, November 2018.	**3. Applicable Procedures** As references, the performance test for determining catalytic activity and estimating working life shall follow the documents: • EPRI Laboratory Testing Guidelines for Combustion Turbine Selective Catalytic Reduction (SCR) and Carbon Monoxide (CO) Oxidation Catalysts, 2nd Edition • EPRI Laboratory Testing Protocol for Coal-Fired SCR Catalyst: 3rd Edition," Report 3002013048, November 2018.
4. Critério de Medição Os serviços descritos no item 2 desta Especificação Técnica serão medidos conforme condições que segue:	4. Measurement Criteria The services described in Item 2 of this Technical Specification shall be measured in accordance with the following conditions:

a) Por unidade conforme itens 1 à 6 do Anexo 2- Planilha de Preços Unitários, após a entrega dos relatórios e a aceitação pela Fiscalização dos serviços previstos nesta especificação técnica e cumprimento Lista de verificação dos itens mínimos do relatório (Anexo III).

5. Governança do Projeto

5.1 Responsabilidades da CONTRATADA

Empregar o melhor de suas capacidades para fornecer os benefícios descritos neste projeto.

Prestar serviços à PETROBRAS que sejam independentes de outros fornecedores de tecnologia de processo ou engenharia, e que atendam a padrões internacionalmente aceitos.

Aplicar as boas práticas da CONTRATADA.

Fornecer uma equipe de especialistas e apoio de patrocínio do estudo em todos os níveis da CONTRATADA.

5.2 Responsabilidades da PETROBRAS

O envio das amostras da REPAR até o local dos testes é de responsabilidade da PETROBRAS.

6. PRAZOS

A CONTRATADA emitirá relatório de testes num período máximo de 45 dias após chegada das amostras no local de realização dos testes.

a) On a unit basis, according to Items 1 to 6 of Annex 2 – Unit Price Schedule, upon delivery of the reports and acceptance by the Inspection/Contract Administration of the services corresponding deliverables specified in this Technical Specification and verification of the checklist (Addendum III)

5 Project Governance

5.1 Responsibilities of the CONTRACTED PARTY

Employ the best of its capabilities to deliver the benefits described in this project.

Provide services to PETROBRAS that are independent from any process technology or engineering suppliers, and that comply with internationally accepted standards.

Apply the CONTRACTED PARTY's best practices

Supply a team of specialists and study sponsorship support at all organizational levels within the CONTRACTED PARTY.

5.2 Responsibilities of the CONTRACTED PARTY

PETROBRAS is responsible for sending the REPAR samples to the testing site.

6. DEADLINES

After the samples arrive at the location of the tests, the CONTRACTOR will issue the tests report within a maximum period of 45 days.

7. SUBCONTRATAÇÃO A subcontratação somente será permitida para análises complementares relacionadas nos itens: “2.4 Análise Química” e “2.5 Distribuição de tamanho de poros e área superficial BET”.	**7. SUBCONTRATACTION** Subcontracting will only be permitted for supplementary analyses related to items: “2.4 Chemical Analysis” and “2.5 Catalyst Pore-Size Distribution & BET Area”.