

TRATAMENTO DE EFLUENTES PROVENIENTE DOCONDENSADO E LAVAGEM DE GÁS DE ALTO FORNO COM EFLUENTE SANITÁRIOEM REATOR BIOLÓGICO COM MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO*

*Alberto Vicente Belezia¹
Gustavo Almeida Pereira²
Jocemir da Silva Santos³
Matheus Neves Lana⁴
Nayana Ferreirados Santos⁵
Reginaldo Barbosa de Castro⁶*

Resumo

Devido as obrigações legais com os órgãos ambientais e a necessidade de implantação de sistemas próprios de tratamento de efluentes em sua unidade, a TERNIUM BRASIL, consolidou em julho de 2016 sua planta de tratamento de efluentes biológicos, trazendo para si a responsabilidade de adequação nas características do efluente bruto gerado na usina para posteriormente reuso e/ou descarte para o meio ambiente, atividade esta que desde o início das operações em 2010 era delegado a empresas externas. A tecnologia de tratamento de efluentes por membranas de ultrafiltração são técnicas de tratamento já dominadas no mercado e que consiste no tratamento de efluente por lodo ativado e após realizar a passagem deste efluente líquido por membranas para separação da fase sólido/líquido, sendo este caso único utilizado em siderurgias no Brasil. O objetivo deste trabalho é de demonstrar as etapas do projeto avaliando os principais parâmetros de controle da estação de tratamento e os relevantes resultados alcançados. A média de remoção de DQO foi de 87%, para DBO a remoção atinge patamares superiores a 90% e para amônia o percentual removido foi superior a 99%. Para alguns parâmetros de controle do processo se faz necessário ajustes operacionais mas que não prejudicam o tratamento.

Palavras-chave: Biológico; Ultrafiltração; Siderurgia

EFLUENTS TREATMENT FROM CONDENSED AND GAS WASHING OF THE BLAST FURNACE WITH SEWAGE IN BIOLOGICAL REACTOR WITH ULTRAFILTRATION MEMBRANE

Abstract

Due to legal obligations with the environmental agencies and the need to implement its own effluent treatment systems in its unit, TERNIUM BRASIL consolidated a biological effluent treatment plant in July 2016, in which it brought its responsibility for characteristics of the raw effluent generated in the plant for later reuse and / or disposal to the environment. This activity, which since the beginning of operations in 2010 was delegated to external companies. The effluent treatment technology by ultrafiltration membranes are treatment techniques already dominated in the market and consists in the treatment of effluent by activated sludge and after the passage of this liquid effluent by membranes for separation of the solid/liquid phase, being this unique case used in Steel Plants in Brazil. The objective is demonstrate the stages of the project evaluating at the main control parameters of the treatment plant and the relevant results achieved. The COD removal average was 87%, for BOD the removal reached levels higher than 90% and for ammonia the percentage removed was

* Contribuição técnica ao 39º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 33º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, parte integrante da ABM Week, realizada de 02 a 04 de outubro de 2018, São Paulo, SP, Brasil.

higher than 99%. For some process control parameters, operational adjustments are necessary, but they do not affect the treatment.

Keywords: Biological; Ultrafiltration; Steel Plant

- ¹ *Engenharia de Produção, Engenheiro Especialista de Processo, Energia e Utilidades/Tratamento de Águas e Efluentes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ² *Engenharia Química, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ³ *Engenharia Química, Engenheiro de Processo, Energia e Utilidades/Tratamento de Águas e Efluentes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ⁴ *Engenharia Química, Engenheiro de Processo, Energia e Utilidades/Tratamento de Águas e Efluentes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ⁵ *Química, Assessor de Processos e Planejamento, Energia e Utilidades/Tratamento de Águas e Efluentes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ⁶ *Engenharia Civil, Gerente de planta, Energia e Utilidades/Tratamento de Águas e de Efluentes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de implantação de uma estação de tratamento de efluentes biológicos em sua unidade da TERNIUM BRASIL na região de Santa Cruz no estado do Rio de Janeiro, foi necessária para atendimento aos requisitos ambientais legais para adequação e obtenção da licença de operação (LO), além de manter em seu domínio os controles de processo e ambientais. Na escolha da tecnologia foi levado em consideração os seguintes aspectos: área disponível para implantação do empreendimento e tecnologias que pudessem trazer benefícios ao reuso deste efluente internamente. Dentro desta perspectiva, a tecnologia de tratamento de efluentes por aeração juntamente com membrana por ultrafiltração (MBR) foi a escolhida devido aos sistemas compactos de tratamento pelo qual substitui os decantadores secundários e primários podendo tratar as mesmas vazões com menor área física, menor impacto visual além de proporcionar efluentes tratados com baixos teores de sólidos suspensos. (SIMON JUDD, 2011).

Plantas de tratamento de efluentes biológico por lodo ativado com MBR pode ser operado com altos teores de sólidos suspensos no licor misto quando comparado a sistemas convencionais nas faixas de 8.000 a 12.000 mg/L e 2.000 a 3.000 mg/L respectivamente. Alguma opção de reuso deste efluente tratado pode ser em irrigações. (DANIELFLYNN, 2009).

Para alguns parâmetros de processo foi especificado que a operação do sistema operasse abaixo de 100 mg/L para índice volumétrico do lodo a fim de se obter facilidade na decantação do lodo e que o teor de sólidos suspensos no licor seja no máximo em 14.000 mg/L.(HARIHARANIYER,2015).

1.1. OBJETIVO

O presente trabalho visa demonstrar as etapas seguidas desde a definição dos limites dos parâmetros de projeto até sua operação, apresentando a eficiência do processo de tratamento dos principais parâmetros, separadas da seguinte forma:

- Materiais e métodos empregados para: Especificação dos efluentes brutos e tratados e definição da rota tecnológica (planta piloto);
- Fluxograma macro da estação de tratamento de efluentes biológico;
- Principais resultados alcançados;

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Materiais e Métodos

2.1.1. Especificação dos efluentes brutos e tratados

Para especificação dos parâmetros de efluentes brutos a serem tratados na estação, foram realizadas coletas compostas de acordo com a DZ 942 R-7 – Diretriz do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos e análises por laboratório externo acreditados pelo INMETRO e com o Certificado de Credenciamento de Laboratório (CCL) - Inea, compreendido em no período amostral de junho a setembro de 2014 seguindo normativas do “Standard Methods” da 22ª Edição de 2012, conforme a seguir.

Análises de amônia: Método 4500 NH₃ E

Materiais: Medidor de pH, eletrodo seletivo de amônia, agitador magnético, isolado termicamente, com agitação revestida com TFE e reagentes.

Método: Relação linear entre a concentração de uma amostra conhecida e uma a ser determinada.

Análises de DBO: Método 5210 B

Materiais: Garrafas de incubação, incubadora e reagente.

Método: O método consiste em preencher com amostra diluída e semeada, para transbordar uma garrafa hermética de tamanho especificado e incubá-la na temperatura especificada por 5 dias. O oxigênio dissolvido é medido inicialmente e após a incubação o DBO é calculado a diferença entre inicial e final DO. Como o OD inicial é determinado logo após a diluição, todo o consumo de oxigênio que ocorre após essa medição é incluído a medição de DBO.

Análises de DQO: Método POP PA 002 - Rev.08

Materiais: Termoreator, espectrofotômetro e reagentes

Método: Utilização de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) como agente oxidante.

2.1.2. Definição da rota tecnológica

Materiais: Planta piloto de tratamento de efluentes biológico da empresa Koch (Puron)

Método: Consiste na coleta e mistura dos efluentes brutos das linhas de condensado de gás, lavador de gás e efluente sanitário em um tanque e posterior passagem por membranas de ultrafiltração a uma vazão aproximada de até 1200l/h, analisando sistematicamente a eficiência do sistema de acordo com análises de entrada e saída do efluente bruto. Segue figuras 1 e 2 abaixo da planta piloto e fluxograma, respectivamente.



Figura 1. Planta piloto de tratamento de efluentes.

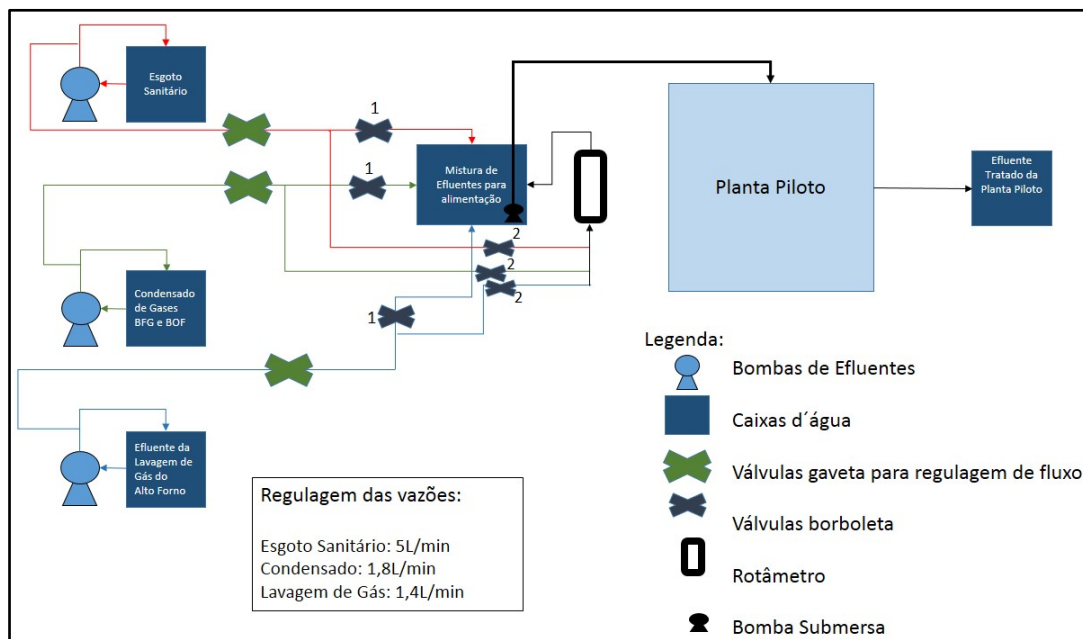


Figura 2. Fluxograma da planta piloto de tratamento de efluentes.

2.2. Fluxograma macro da estação de tratamento

Segue abaixo o fluxograma macro da estação de tratamento de efluentes biológicos, figura 3, e foto atual do sistema construído, conforme figura 4.

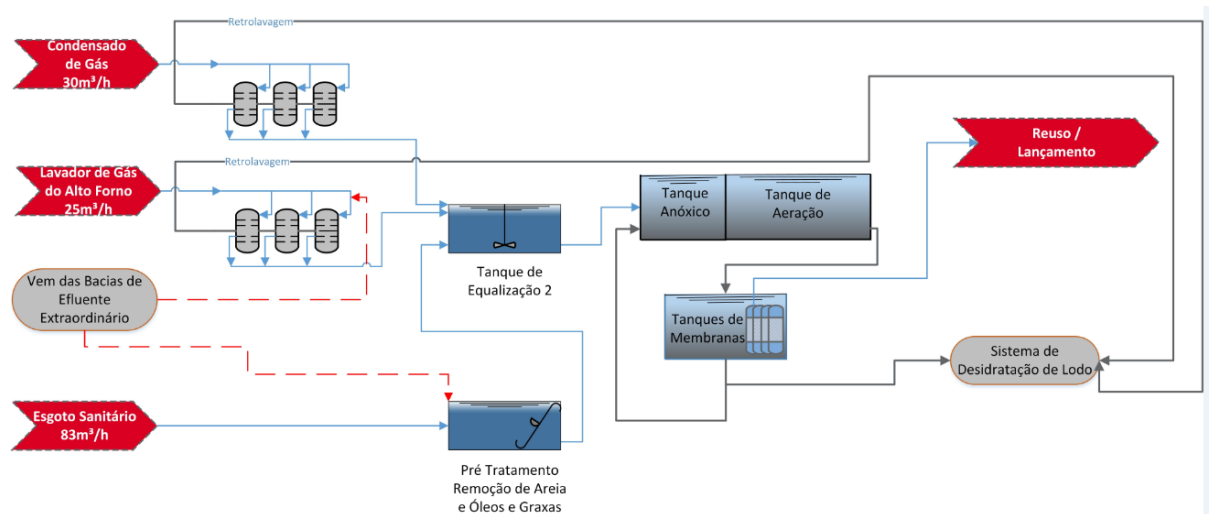


Figura 3. Fluxograma da planta piloto de tratamento de efluentes.



Figura 4. Foto atual da estação de tratamento de efluentes biológicos.

2.3. Resultados e Discussão

Nas tabelas 1, 2 e 3 será demonstrado os resultados alcançados de outubro de 2016 a abril de 2018 com ênfase nos principais parâmetros de atendimento a legislação ambiental, conforme estabelece a NT202.R10 para limites de lançamento de amônia e DZ-205.R6 para limites de lançamento de DQO e DBO. Fonte: INEA

Tabela 1. Valores médios mensais do processo de controle para amônia em mg/L

Meses	Amônia (Entrada)	Amônia (Saída)	Eficiência de remoção de amônia (%)	F/M - amônia
Out/16	78,63	0,64	99,2%	0,02
Nov/16	85,57	0,80	99,1%	0,03
Dez/16	106,82	0,19	99,8%	0,06
Jan/17	112,20	0,15	99,9%	0,04
Fev/17	92,83	0,30	99,7%	0,03
Mar/17	76,84	0,39	99,5%	0,01
Abri/17	87,37	0,18	99,8%	0,02
Mai/17	64,80	0,14	99,8%	0,02
Jun/17	33,96	0,15	99,6%	0,01
Jul/17	48,46	0,18	99,6%	0,01
Ago/17	77,43	0,15	99,8%	0,02
Set/17	84,05	0,17	99,8%	0,03
Out/17	89,15	0,18	99,8%	0,04
Nov/17	84,14	0,23	99,7%	0,04
Dez/17	67,10	0,19	99,7%	0,03
Jan/18	82,23	0,25	99,7%	0,02
Fev/18	143,32	0,16	99,9%	0,05
Mar/18	163,43	0,26	99,8%	0,05
Abri/18	226,32	0,22	99,9%	0,07

Através dos dados obtidos na tabela 1, os valores de lançamento ao corpo hídrico atende aos requisitos da legislação ambiental vigente para os limites de lançamento do parâmetro amônia, estando abaixo de 5,0 mg/L em todos os meses do período avaliado. Isto pode ser visto conforme Figura 5.

Na figura 6, verifica-se que, apesar de termos uma elevada carga de amônia no efluente bruto na entrada da estação de tratamento com valores superiores a 200 mg/L, na saída, com um efluente tratado, obtivemos uma eficiência na remoção atingindo valores médios mensais superiores a 99%.

Para a relação alimento/microrganismo (F/M) a taxa está bem abaixo do limite recomendado para boa eficiência no tratamento, conforme figura 7. Nestas condições a baixa carga de substrato no efluente faz com que a busca por alimento pelas bactérias seja maior, alcançando elevados resultados na remoção (SPERLING, 1997).

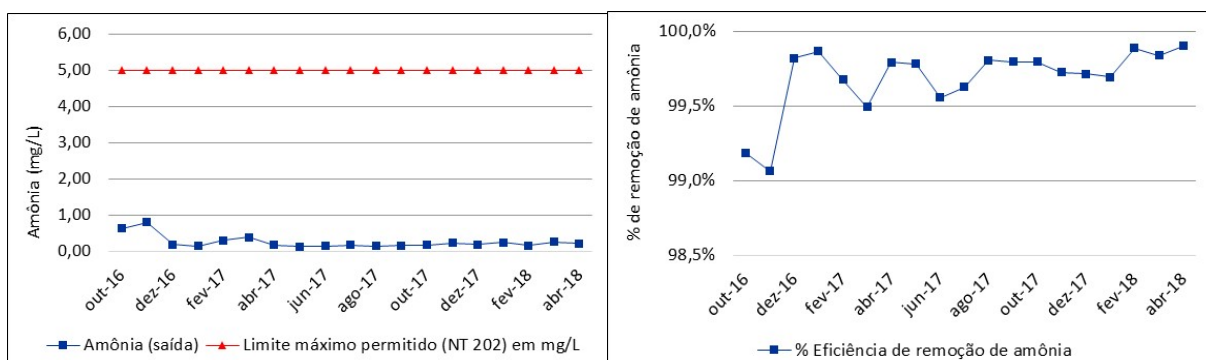


Figura 5. Lançamento de amônia em mg/L. Figura 6. Eficiência na remoção de amônia em %.

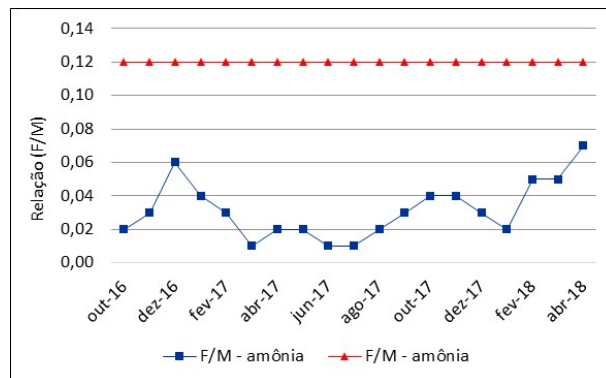


Figura 7. Relação F/M para amônia.

Tabela 2. Valores médios mensais de DQO em mg/L

Meses	DQO (Entrada)	DQO (Saída)	Eficiência de remoção de DQO (%)
Out/16	243,42	26,16	89,3%
Nov/16	304,30	26,37	91,3%
Dez/16	273,58	27,58	89,9%
Jan/17	329,06	15,06	95,4%
Fev/17	615,79	13,32	97,8%
Mar/17	181,35	8,06	95,6%
Abri/17	158,07	21,50	86,4%
Mai/17	183,27	25,27	86,2%
Jun/17	272,97	17,67	93,5%
Jul/17	247,67	15,83	93,6%
Ago/17	252,90	15,74	93,8%
Set/17	205,57	22,77	88,9%
Out/17	220,65	17,97	91,9%
Nov/17	211,70	16,86	92,0%
Dez/17	194,77	18,45	90,5%
Jan/18	244,00	26,58	89,1%
Fev/18	273,86	26,51	90,3%
Mar/18	297,94	29,71	90,0%
Abri/18	347,87	27,07	92,2%

Através dos dados obtidos na tabela 2 para os valores de lançamento ao corpo hídrico, fica demonstrado atendimento à legislação ambiental vigente, onde os limites de lançamento do parâmetro DQO estão abaixo de 200 mg/L em todos os meses do período avaliado. Isto pode ser visto conforme Figura 8.

Para avaliação da eficiência do processo, foi observada uma elevada carga de DQO no efluente bruto na entrada da estação de tratamento podendo ultrapassar 600 mg/L, como ocorreu em Fev/17. Na saída obtivemos um efluente tratado com eficiência de remoção atingindo valores médios mensais superiores a 85% conforme figura 9.

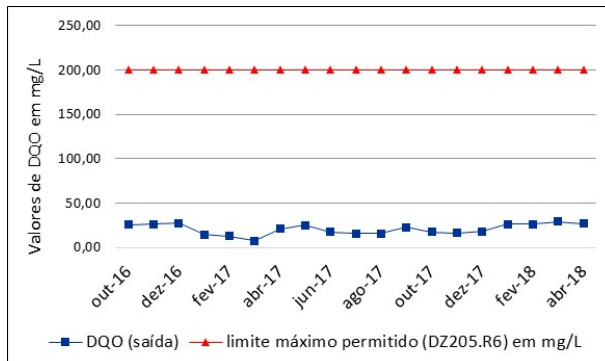


Figura 8. Lançamento de DQO em mg/L.

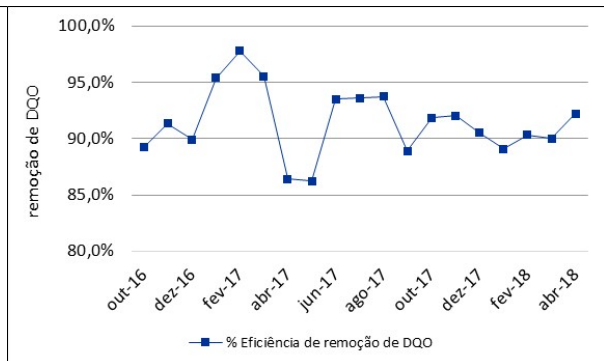


Figura 9. Lançamento de DQO em mg/L.

Tabela 3. Valores médios mensais de DBO em mg/L

Meses	DBO (Entrada)	DBO (Saída)	Eficiência de remoção de DBO (%)	Carga KgDBO/dia
Out/16	121,60	7,52	93,8%	113,62
Nov/16	106,00	3,46	96,7%	87,29
Dez/16	89,25	3,98	95,5%	130,19
Jan/17	56,17	3,90	93,1%	78,92
Fev/17	82,80	7,72	90,7%	111,61
Mar/17	77,22	4,24	94,5%	90,32
Abri/17	51,94	7,45	85,7%	78,08
Mai/17	36,50	3,47	90,5%	40,91
Jun/17	94,71	5,16	94,6%	92,11
Jul/17	95,75	4,09	95,7%	96,60
Ago/17	70,83	3,10	95,6%	76,22
Set/17	65,00	3,70	94,3%	83,09
Out/17	78,80	15,72	80,1%	122,08
Nov/17	67,00	5,13	92,3%	118,37
Dez/17	67,71	6,47	90,4%	103,23
Jan/18	66,35	7,24	89,1%	78,74
Fev/18	49,14	6,03	87,7%	73,11
Mar/18	51,50	8,71	83,1%	82,05
Abri/18	66,17	7,65	88,4%	96,38

Através dos dados obtidos na tabela 3, verifica-se que na entrada da estação ocorre uma variação considerável de carga de DBO, o que ocasiona uma variação na eficiência de remoção. Este fato pode ser explicado devido a menor quantidade de alimento (DBO) para os microrganismos. Porém essa variação não impacta a qualidade do efluente tratado pois a norma da DZ-205.R6 estabelece que, para cargas diárias menores que 100 KgDBO/dia essa eficiência deve ser no mínimo em 70% e maiores que 100 KgDBO/dia é obrigatório uma eficiência mínima de 90% para lançamento no corpo hídrico, conforme figura 10.

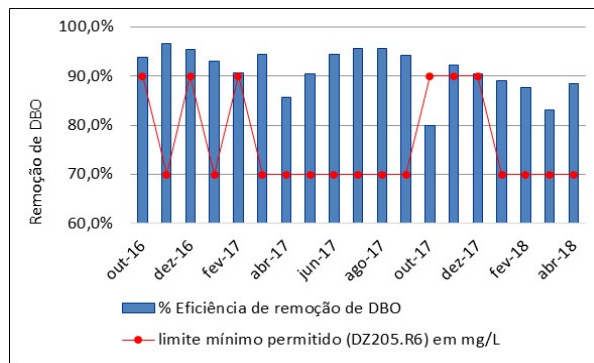


Figura 10. Eficiência de remoção de DBO.

Na tabela 4 está demonstrado alguns dos principais parâmetros de controle de performance do processo com valores médios mensais.

Tabela 4. Monitoramento de processo

Meses	Turbidez em NTU (saída)	Sólidos Suspensos no lodo (mg/L)
Out/16	0,42	3326,30
Nov/16	0,47	3435,90
Dez/16	0,35	3733,20
Jan/17	0,39	4719,50
Fev/17	0,46	4714,70
Mar/17	0,29	10000,00
Abri/17	0,38	12678,00
Mai/17	0,46	8463,80
Jun/17	0,70	7847,50
Jul/17	0,36	8149,20
Ago/17	0,46	8979,10
Set/17	0,73	5590,00
Out/17	0,73	5348,50
Nov/17	0,43	5090,60
Dez/17	0,34	4424,60
Jan/18	0,62	6887,10
Fev/18	0,42	5926,70
Mar/18	0,37	7766,00
Abri/18	0,50	9541,10

Conforme dados demonstrados na tabela 4, verifica-se que a característica do efluente tratado atende às especificações do projeto para o parâmetro turbidez, o qual tem um limite máximo de 1,0 NTU, evidenciado de melhor forma conforme figura 11. Com isso será proporcionado um efluente de excelente qualidade, com aspecto visual de cor clara e com possibilidade de reuso nos processos internos menos nobres, conforme demonstrado na figura 12 abaixo.

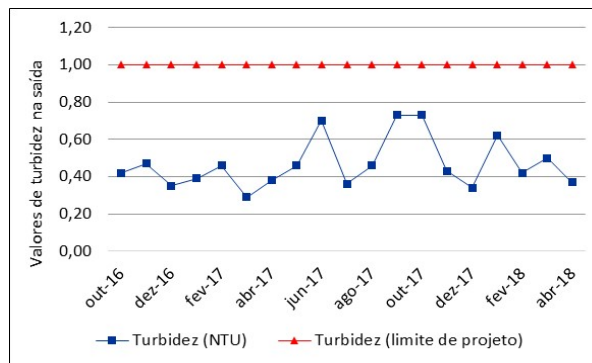


Figura 11. Turbidez em NTU, no efluente tratado.



Figura 12. Aspecto visual do efluente em cada etapa de tratamento.

Tabela 5. Outros parâmetros de processo.

Parâmetros	Valores
Idade do lodo (dias)	40 - 50
Sólidos Suspensos totais no efluente tratado (mg/L)	< 12,0
Óleos e graxas (mg/L)	< 20,0

Pelos dados descritos na tabela 5, a idade do lodo está entre 40 e 50 dias, sendo o recomendado pelo fabricante dos módulos de membrana PURON. Para os sólidos suspensos totais os valores medidos mensais não ultrapassaram 12 mg/L no efluente tratado. Enquanto que óleos e graxas ficaram abaixo de 20 mg/L conforme estabelece a legislação ambiental (NT 202.R10).

3 CONCLUSÃO

A planta construída pela TERNIUM para tratamento de efluente sanitário junto com efluentes industriais com alta carga de amônia, demonstrou ser extremamente eficiente mesmo com as baixas concentrações de alimento (relação F/M para amônia < 0,12 Kg amônia/SSV) para as bactérias, não havendo necessidade de carga extra de carbono para suprir o sistema. Isso teve um impacto positivo fazendo com que ocorresse uma adaptação dos microrganismos ao meio proporcionando uma busca por alimento e conseqüentemente alto grau na eficiência do tratamento e as baixas vazões de tratamento comparado ao que foi definido no projeto.

Os parâmetros definidos no projeto para atendimento à legislação ambiental atendem ao que foi especificado, garantindo a continuidade segura da operação da planta, evitando lançamentos de efluentes fora da especificação. Contudo uma observação para o parâmetro DBO no mês de Out/17 que ficou com eficiência de remoção abaixo de 90%, fato este que pode ser explicado devido a baixa injeção de oxigênio no tanque de aeração devido necessidades de ajustes no sistema do soprador de ar, ocasionando deficiência no crescimento dos microrganismos. Isso não trouxe maiores riscos ao tratamento pois na sequência os próximos valores estiveram dentro da especificação.

A qualidade do efluente tratado atende perfeitamente a especificação para fins de reuso em sistemas menos nobres pois os níveis de turbidez são extremamente baixos, menores do que 1,0 NTU, com ótimas opções para sistemas de resfriamento de placas, umectação de pilhas de minério de carvão e apagamento de coque. Essa possibilidade traz benefícios ambientais significativos a companhia, devido a possibilidade de redução de captação de água bruta e incremento no percentual de reuso de efluente tratado que atualmente está em torno de 30%.

REFERÊNCIAS

- 1 Fávares AL. Análise microbiológica as operacionais e seus controles. 1ª Edição. Santos: Acqua Consulting;
- 2 Flynn, Daniel J. The Nalco Water Handbook. 3ª Edição. New York: Nalco Company; 2009.
- 3 Iyer, Hariharan. Manual de operação e manutenção de módulos de tratamento de efluente PURON. Ver.15-2. Wilmington: Koch; 2015
- 4 Judd, Simon. The MBR Book Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment. 2ª Edição. Oxford: BH; 2011
- 5 SL Eduardo, Hespanhol I, Mierzwa JC. II-453 –Avaliação de desempenho de um biorreator com membranas submersas para o tratamento de esgotos sanitários visando reuso de água. 2010; 4-9.
- 6 Viana, PZ. Biorreator com membrana aplicada ao tratamento de efluentes domésticos: Avaliação do desempenho de módulos de membranas com circulação externa. 2004; 27-130.