



Technical Paper

Sustentabilidade com ferramenta de melhoria: a sinergia entre o sistema de captação de água e de descarte de efluentes nos projetos da GNA

Sustainability as an improvement tool: the synergy between the water capture and effluent disposal system in GNA projects

Luiza Volschan ¹ | **Mariana Monjardim** ² | **Mark Bermanzon** ³ | **João Antonio P. R. Teixeira** ⁴ | **Luana Paula Mauad** ⁵.

1. GNA, SUSTENTABILIDADE, MEIO AMBIENTE. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, luiza.volschan@gna.com.br 2. GNA, SUSTENTABILIDADE, MEIO AMBIENTE. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, mariana.monjardim@gna.com.br 3. GNA, SUSTENTABILIDADE, MEIO AMBIENTE. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, mark.bermanzon@gna.com.br 4. GNA, SUSTENTABILIDADE, MEIO AMBIENTE. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, joao.teixeira@gna.com.br 5. GNA, SUSTENTABILIDADE, MEIO AMBIENTE. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, luana.mauad@gna.com.br

Resumo

As usinas termelétricas e o terminal de regaseificação de GNL (TGNL) da GNA foram planejados e licenciados considerando uma operação sinérgica e integrada, uma vez que o TGNL é responsável pelo abastecimento de gás das usinas. O projeto original considerava intervenções na faixa de praia para a implantação dos dutos de descarte de efluentes, que se daria por meio de um emissário marítimo. A implantação dessas estruturas impactaria diretamente a vegetação, pertencente ao bioma Mata Atlântica, e a fauna local, com destaque para as tartarugas marinhas, que são particularmente suscetíveis a mudanças na temperatura. A responsabilidade ambiental orientou a busca por alternativas de projeto que reduzissem os impactos. As soluções implementadas possibilitaram a não implantação do emissário submarino, o abastecimento de água do mar para geração de energia térmica e o descarte de efluentes à temperatura próxima a captada. Esse artigo visa apresentar os detalhes da solução implantada para redução dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Gás Natural. Regaseificação. Efluentes. Dessalinização

Abstract

GNA Thermal Power Plants (TPPs) and LNG regasification terminal (LNGT) were planned and licensed considering an integrated operation, since LNGT is responsible for TPPs gas supply. The original project included the discharge of effluents through a submarine emissary, which would imply on intervention in the beach strip for the implementation of the effluents pipeline. These structures would directly impact the local vegetation, which belong to the Atlantic Forest biome, and the local fauna, especially the sea turtles, which are particularly susceptible to temperature changes. The environmental responsibility guided the research for project alternatives to reduce the impacts. The project solutions allowed the non-implementation of the submarine emissary, the seawater supply for thermal energy generation and the disposal of effluents at a similar temperature to that of the water captured. This article aims to present the details of the solution implemented to reduce environmental impacts.

Keywords: Natural Gas. Regasification. Effluents. Desalination

Received: November 07, 2021 | **Accepted:** | **Available online:**

Article n°:

Cite as: Proceedings of the Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.48072/2525-7579.rog.2022>.

1. Introdução

A Gás Natural Açú (GNA) é uma *joint-venture* entre as empresas Prumo Logística, Siemens, bp e SPIC Brasil dedicada ao desenvolvimento, implantação e operação de projetos estruturantes e sustentáveis de energia e gás. A GNA desenvolve, no Porto do Açú, em São João da Barra - RJ, o principal parque termelétrico da América Latina. Em sua fase atual, o projeto compreende duas usinas termelétricas de ciclo combinado movidas a gás natural, UTE GNA I e UTE GNA II, com capacidade de gerar aproximadamente 3.100 MW de energia e um Terminal de Regaseificação de GNL (TGNL), associado a uma Unidade Flutuante de Armazenamento e Regaseificação (*FSRU – Floating Storage and Regasification Unit*) de GNL, com capacidade de regaseificar 28 milhões de Nm³/dia. O projeto das usinas e do terminal foi planejado e licenciado considerando uma operação sinérgica e integrada, uma vez que o terminal é responsável pelo abastecimento de gás das usinas.

O TGNL foi concebido para acomodar permanentemente a FSRU, denominada BW Magna. A FSRU é abastecida de gás natural liquefeito (GNL) por navios transportadores de GNL, que ficam atracados à contrabordo da FSRU e descarregam o GNL por meio do método de transferência entre navios. A FSRU é responsável por converter o GNL novamente em gás natural utilizando o calor proveniente da água do mar a sua temperatura ambiente. Esse processo ocorre em altas pressões por intermédio de vaporizadores de GNL, sendo necessária a adequada qualidade da água do mar.

O projeto apresentado no requerimento de Licença de Instalação (LI) ambiental para implantação das usinas e do TGNL considerava a intervenção e obras na faixa de praia para a implantação dos dutos de captação de água do mar e descarte dos efluentes, que se daria por meio de um emissário marítimo entre a face externa do Molhe Norte do Terminal 2 e a face externa da ponte de acesso ao Terminal 1 do Porto do Açú (**Figura 1 e Figura 2**).

Figura 1 - Projeto apresentado no âmbito do requerimento de LI do Terminal GNL



Fonte: produzido pelo autor.

Figura 2 - Localização do Terminal 1 e Terminal 2 no Porto do Açú



Fonte: produzido pelo autor.

Nesse sentido, cabe destacar que a cobertura vegetal do Porto do Açú pertence ao domínio da Mata Atlântica, com predominância da formação de Restinga típica de cordões arenosos. Além disso, o Porto está localizado em uma faixa de praia considerada relevante pelos órgãos ambientais para a proteção e manejo das tartarugas marinhas, em especial a tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*). Nessa região do litoral brasileiro, há ocorrências reprodutivas dessa espécie, com monitoramentos sistemáticos realizados pelo Porto do Açú (com participação direta da GNA) e da Fundação Projeto Tamar.

As tartarugas marinhas são animais ectotérmicos, sendo dependentes de condições térmicas particulares para funções fisiológicas como a circulação, respiração, alimentação e digestão, osmoregulação e equilíbrio do pH, e para funções comportamentais adequadas. Por conta disso, são particularmente suscetíveis a mudanças na temperatura ambiental (Madrak, Lewison, Seminoff & Eguchi, 2016).

Durante a fase de implantação do projeto foram identificadas algumas oportunidades de melhoria, considerando-se soluções tecnológicas, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental e diminuir os custos de implantação. A instalação do emissário de efluentes seria uma obra extremamente onerosa e demandaria grande intervenção em ambientes de restinga herbácea (no trecho paralelo a linha de costa) e praial (onde as tartarugas-cabeçudas desovam). Além disso, o efluente descartado implicaria em alterações expressivas na temperatura do mar, aumentando os impactos do projeto à biota marinha. Por fim, destaca-se que a execução do projeto original dependia de condições meteorológicas e oceanográficas favoráveis, devido à sua localização externa ao ambiente protegido de ondas e correntes pelos molhes do Porto do Açú. Assim, a obra estava sujeita a atrasos por condições ambientais adversas.

2. O projeto do Terminal de GNL

O projeto da GNA foi aperfeiçoado pelo desenvolvimento e utilização de inovações ambientais prezando pela proteção e conservação da biodiversidade. O objetivo das alterações de projeto descritas eram a redução dos impactos ambientais, especialmente na biota marinha, e a diminuição dos custos de implantação do projeto.

2.1. Alterações de projeto propostas

A partir da identificação das oportunidades de melhoria descritas na seção 1, buscou-se a alteração do projeto de forma a se mitigar impactos ambientais e reduzir os custos de execução do projeto.

2.1.1. Sistema de captação de água

A primeira alteração proposta se deu no sistema de captação de água da usina, que foi projetada com um sistema de resfriamento com torre salina. Originalmente, a água do mar seria captada por um duto exclusivo para esse fim, mas identificou-se a oportunidade de se reaproveitar a água do mar utilizada no processo de regaseificação do GNL na FSRU no sistema de resfriamento da termelétrica. Essa foi a primeira alteração de projeto proposta: parte da água utilizada no processo de regaseificação na FSRU passaria a ser enviada para a usina.

Diante dessa primeira alteração, a fim de maximizar o reaproveitamento da água da FSRU, avaliou-se a implantação de uma unidade de dessalinização de água do mar para o abastecimento de água doce para uso no ciclo térmico da usina, mais especificamente para a geração de vapor pelas caldeiras de recuperação de calor. Previamente ao sistema de dessalinização, seria previsto um sistema de clarificação, para redução do teor de sólidos suspensos e turbidez da água do mar a ser tratada. A água clarificada seguiria para o sistema de dessalinização e a fração de água mais concentrada em sólidos, para o sistema de secagem. O projeto original considerava a captação de água doce por meio da rede de poços tubulares profundos do Porto do Açú. Portanto, destaca-se que a alternativa proposta promoveria redução significativa do impacto ambiental, quando comparada ao uso do manancial hídrico subterrâneo.

Dessa forma, parte da água do processo de regaseificação utilizada na FSRU seria destinada às seguintes estruturas da usina: planta de dessalinização e torres de resfriamento. Devido à redução de temperatura da água do mar no processo de regaseificação, a água utilizada na troca térmica seria mais fria em comparação ao projeto original. Essa modificação possibilitou o aumento na eficiência do ciclo térmico da planta.

Durante o processo de troca térmica na usina, a água salina seria aquecida, diminuindo a diferença térmica com a temperatura do meio e sendo transformada em efluente térmico. Em seguida, o efluente térmico seria encaminhado à torre de resfriamento com o objetivo de resfriá-lo. Portanto, parte da água salina direcionada à termelétrica seria evaporada no processo de resfriamento e a outra parte retornaria ao terminal como efluente para descarte no mar.

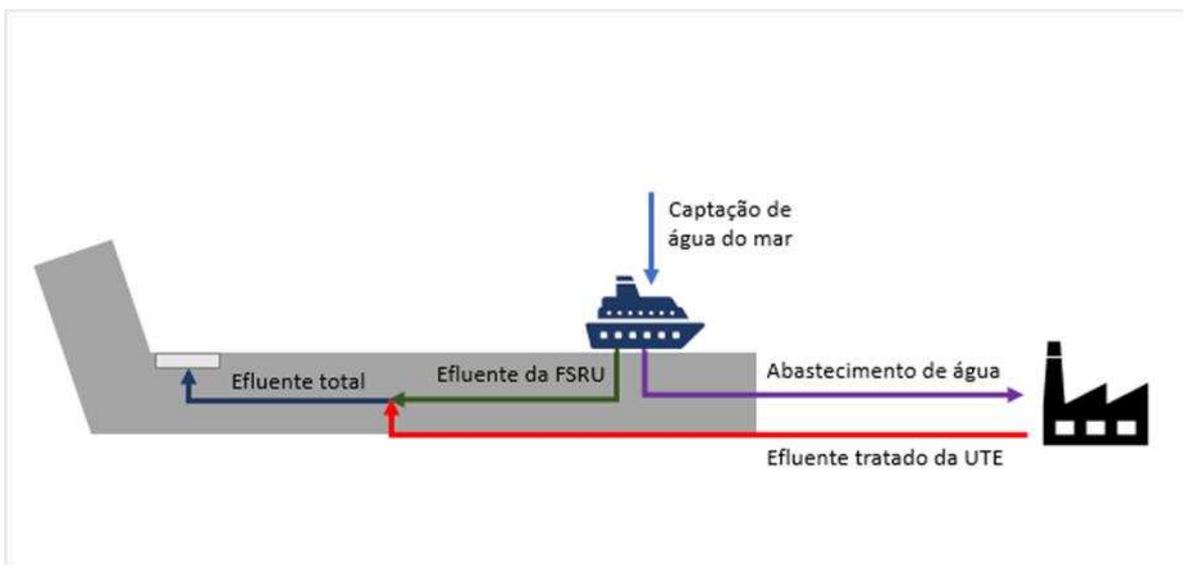
2.1.2. Sistema de descarte de efluentes

Conforme mencionado, parte da água do mar utilizada no processo de regaseificação na FSRU seria direcionada por meio de duto para reutilização na termelétrica. O efluente térmico retornaria ao terminal e seria misturado ao restante da água utilizada no processo de regaseificação na FSRU para

descarte no mar. A mistura dos efluentes térmicos da usina, que estaria aquecido, e da FSRU, que estaria resfriado, geraria um efluente final com temperatura próxima à temperatura da água do mar.

A diminuição da temperatura do efluente final permitiria à GNA avaliar a mudança do sistema original de descarte de efluentes. A temperatura final do efluente tornara-se próxima da temperatura da água do mar dentro do Terminal 2 do Porto do Açú, resultando em um lançamento com impacto ambiental menor que o do projeto original. Dessa forma, a referida alteração permitiria a não implantação do emissário submarino para descarte dos efluentes e do seu respectivo duto que seria instalado na faixa de praia.

Esquema 1 - Representação esquemática do sistema integrado de efluentes do TGNL e usinas



Fonte: produzido pelo autor.

2.1.3. Modelagem de efluentes

Com o objetivo de verificar a tese de que o impacto ambiental da pluma térmica, que é um dos mais relevantes para termelétricas, tornara-se muito menor quando comparado a projetos convencionais, a GNA realizou um estudo de modelagem para avaliar a dispersão dos efluentes. Padrões de circulação característicos da região, estimados a partir do sistema de modelos numéricos Delft3D, desenvolvido pela Deltares foram utilizados. Para a modelagem em campo próximo, utilizou-se o modelo CORMIX, desenvolvido na Cornell University, e para simular a diluição da pluma no campo afastado, o modelo Delft3D. A partir dos resultados obtidos, o sistema de descarte proposto demonstrou ser eficiente para a diluição térmica do efluente (TETRA TECH, 2019).

Foram selecionados dois casos para realização do estudo de dispersão: (i) caso 01 - considera a soma do efluente oriundo de apenas uma termelétrica e (ii) caso 02 - corresponde à soma do efluente oriundo de duas termelétricas. Para cada caso apresentado, foram analisadas as mudanças sazonais (verão, inverno e frente fria), alterando assim características de temperatura e salinidade do meio e do efluente. A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o sistema de descarte por meio de vertedouro localizado na parte interna do Molhe Norte do Porto do Açú era eficiente para a diluição térmica do efluente (TETRA TECH, 2019).

2.1.4. As principais barreiras encontradas no desenvolvimento da prática inovadora

Diante dos resultados positivos da modelagem, decidiu-se pela implantação do projeto com as alterações propostas. Uma vez concebido o novo projeto, foram identificadas algumas questões associadas ao lançamento do efluente no canal de navegação. O teor de fósforo e a salinidade do efluente deveriam ser compatíveis com as condições ambientais do Terminal 2 antes da implantação do projeto da GNA. Além disso, a vazão desse efluente deveria ser limitada a fim de não comprometer a navegação no canal.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas salinas são consideradas como Classe 1, o que é o caso do Terminal 2, incluindo as áreas abrigadas pelos Molhes. Sendo assim, o parâmetro Fósforo Total no lançamento de efluentes deveria estar abaixo de 0,062 mg/L P (BRASIL, 2005). Para endereçar esse ponto, a GNA providenciou a aquisição de um produto de tratamento de água de sistemas de resfriamento livre de componentes que pudessem alterar a qualidade do ambiente marinho.

Como parte da água utilizada na torre de resfriamento é evaporada no processo, o efluente final poderia apresentar alta salinidade. A alta salinidade do efluente poderia alterar as condições de qualidade da água e inviabilizar o seu lançamento no canal. No entanto, o estudo de modelagem que subsidiou a alteração de projeto indicou que o lançamento dos efluentes no novo sistema de lançamento não causaria alterações relevantes na salinidade da água do mar do Terminal 2.

Devido à alta vazão do efluente (7400 m³/h), a administração do Porto do Açú preocupou-se com possíveis alterações na navegabilidade do canal do Terminal 2. Com isso, procedeu-se o dimensionamento de um sistema que permitisse a dissipação da energia desse efluente. A câmara de efluente tem a finalidade de dissipar a energia de bombeamento da água antes do seu lançamento no mar, por meio do vertedouro. Por sua vez, o vertedouro é constituído de uma estrutura com comprimento de 15 metros e altura de descarte variável conforme a variação do nível do mar pelo regime de marés. Para marés de sizígia¹, o descarte do efluente é realizado por volta de 1,75 m de altura na preamar e a 3,75 m de altura na baixa-mar. Dessa maneira, o efluente é descartado ao longo dos 15 metros de extensão da estrutura, sempre acima do nível do mar, verificando-se que não há influência nas condições de navegação.

2.2. Projeto implantado

Com todas as preocupações sanadas, procedeu-se a alteração do projeto. O lançamento do efluente passou a ser do lado de dentro do Molhe Norte, no Terminal 2. Com isso, não foi necessária a implantação do emissário submarino. O projeto implantado transporta os efluentes por meio de tubulação de PVC reforçados com fibra de vidro suportada por dormentes de concreto, que segue sobre o Molhe Norte até uma câmara de concreto, denominada Câmara de Efluente, onde o efluente é descartado para o mar por meio de um vertedouro (**Figura 3**).

¹ A amplitude da maré difere diariamente conforme a posição do Sol e da Lua. Quando ambos se colocam numa mesma linha em relação à Terra como acontece na Lua Cheia e Nova, a maré fica mais alta do que o normal e é chamada de maré de Sizígia (Fonseca, 2014).

Figura 3 - Projeto implantado do Terminal GNL



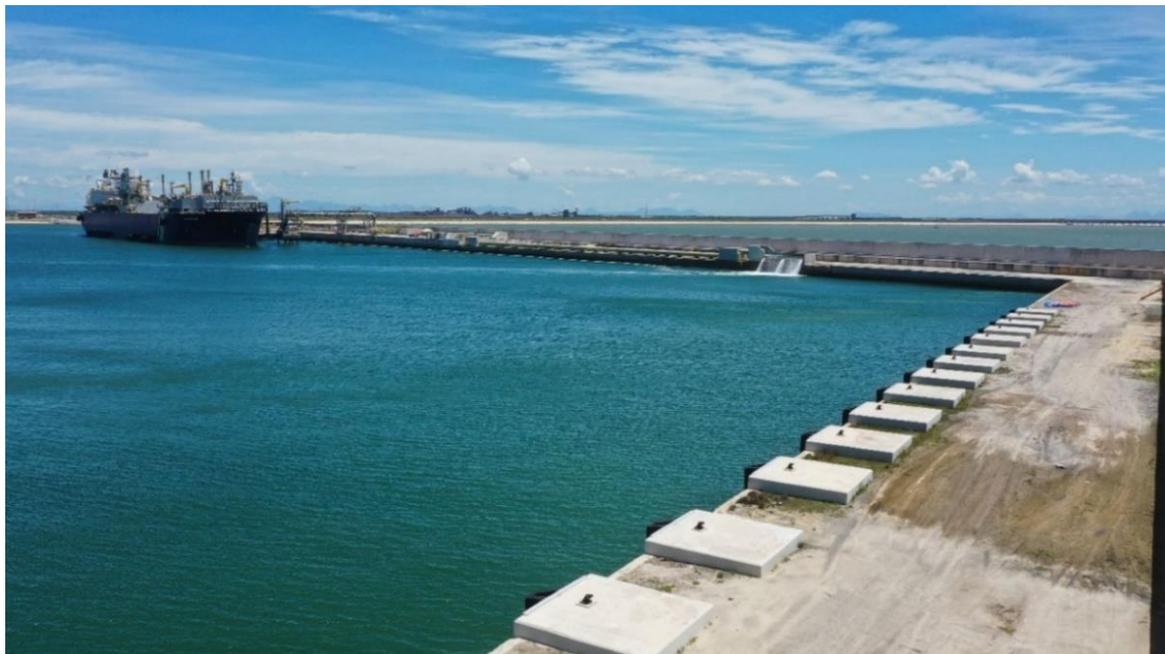
Fonte: produzido pelo autor.

O descarte de efluente térmico foi identificado como possível impacto ambiental da operação no processo de licenciamento ambiental dos projetos da GNA. Por conta disso, a empresa realiza o monitoramento contínuo da temperatura da água do mar, no âmbito do Programa de Monitoramento de Qualidade das Águas e Sedimentos Marinhos. Um sensor foi instalado no próprio vertedouro de efluentes para verificar a temperatura do efluente descartado e os outros quatro estão localizados em pontos distintos dentro do canal de navegação com o objetivo de monitorar o impacto ambiental na biota marinha.

O lançamento de efluente térmico deve obedecer aos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 430/11, que determina que a temperatura do efluente descartado deve ser inferior a 40 °C e que a variação térmica ao final da zona de mistura, no corpo receptor, deve ser menor que 3 °C. A zona de mistura é definida como a região do corpo receptor, que se estende do ponto de lançamento do efluente, delimitada pela superfície em que é atingido o equilíbrio de mistura entre os parâmetros físicos e químicos, bem como o equilíbrio biológico do efluente e os do corpo receptor, sendo específica para cada parâmetro (BRASIL, 2011). Assim, considera-se que a zona de mistura equivale à região na qual o critério ambiental é atingido (TETRA TECH, 2019).

Os sensores foram instalados em cinco pontos distintos: (i) um sensor foi instalado na própria câmara de efluente (P4) com o objetivo de monitorar o efluente que está sendo descartado, (ii) três sensores foram instalados no canal de navegação e estão sob influência direta do efluente térmico, estando possivelmente inseridos na zona de mistura (P1, P2 e P3) e (iii) um sensor foi instalado no Molhe Sul, fora da zona de mistura do efluente (P5) (**Figura 4**).

Figura 4 - Câmara de efluente no Terminal de Regaseificação de GNL

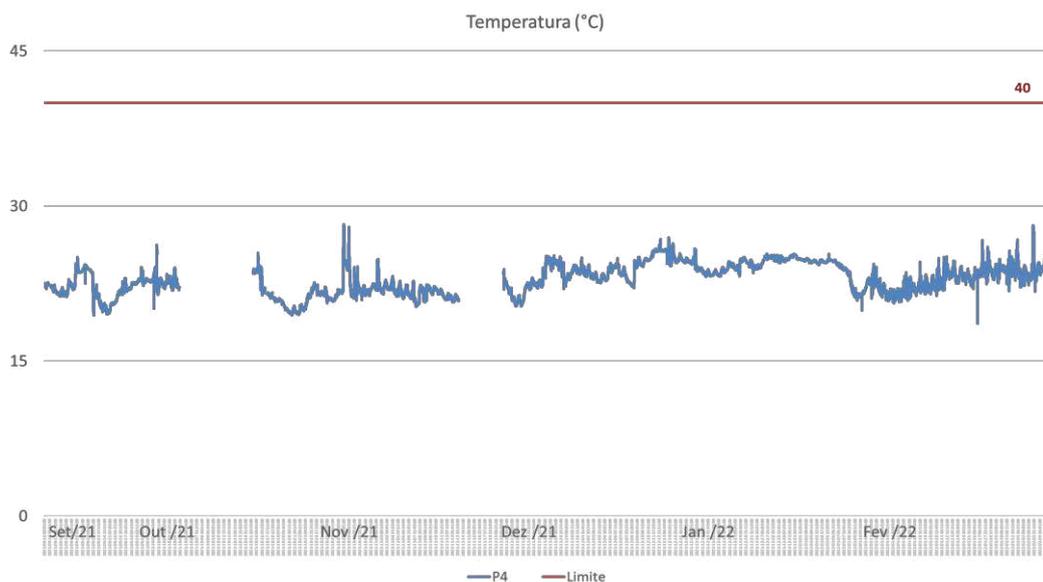


Fonte: produzido pelo autor.

2.2.1. Resultados do monitoramento

O **Gráfico 1** apresenta os dados de temperatura do efluente medidos na câmara de efluente (P4) desde o início da operação da usina, em setembro de 2021.

Gráfico 1 - Temperatura medida no Ponto 4 entre 16 de setembro de 2021 e 28 de fevereiro de 2022

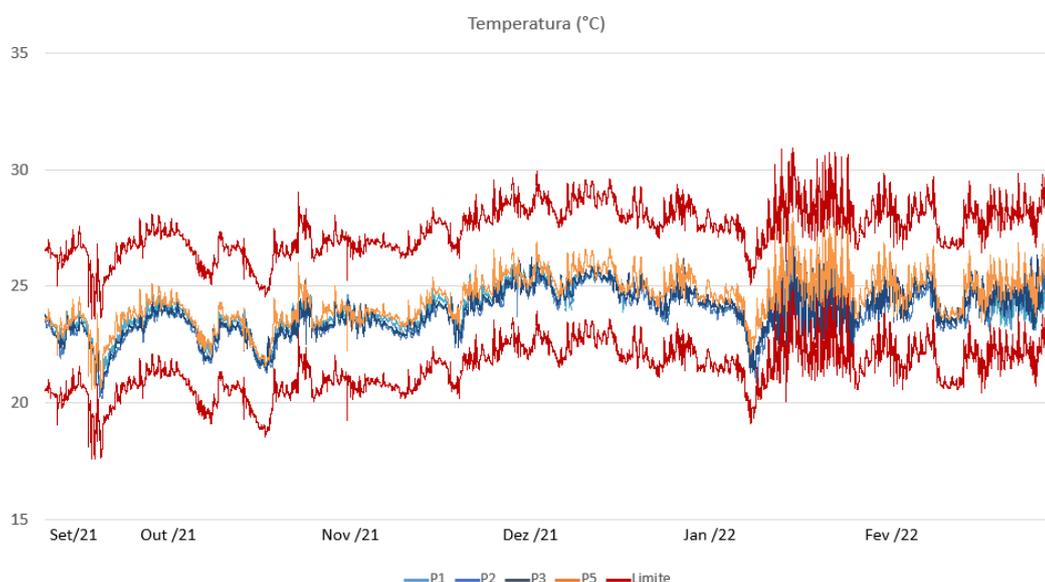


Fonte: produzido pelo autor.

Verifica-se que a temperatura na câmara de efluente apresentou uma pequena variação entre 20 °C e 25 °C e se manteve muito abaixo do limite de 40 °C da legislação. Cabe mencionar que não há descarte de efluente nos períodos em que não há geração de energia elétrica e, por isso, há períodos em que não houve monitoramento da temperatura no P4.

O **Gráfico 2** apresenta o resultado do monitoramento nos três pontos localizados no canal de navegação sob influência direta do descarte de efluentes (P1, P2, P3) e no ponto fora da zona de influência direta (P5). A partir do resultado do ponto de monitoramento P5 foram estabelecidos o limite inferior e o limite superior, representando a variação limite de 3 °C de acordo com a legislação.

Gráfico 2 - Temperatura medida nos pontos P1, P2, P3 e P5 entre 16 de setembro de 2021 e 28 de fevereiro de 2022



Fonte: produzido pelo autor.

Apesar da variação de temperatura do efluente no ponto 4 (20 °C - 25° C), a variação térmica nos pontos P1, P2 e P3, que estão sob influência direta do efluente térmico, demonstram que a estrutura do vertedouro foi projetada de forma eficaz e atingiram o objetivo de redução de impactos.

3. Considerações finais

A responsabilidade ambiental da GNA foi um dos balizadores para a tomada de decisão final de investimento e orientou a busca por soluções tecnológicas e alternativas de projeto voltadas a obter a maior eficiência energética possível com o menor impacto ambiental, indo além das obrigações legais. O compromisso da GNA com a sustentabilidade, foi um dos fatores-chaves que subsidiaram todas as etapas da iniciativa, do projeto preliminar até a operação, e garantiram seu sucesso.

As alterações de projeto visando a sinergia entre o sistema de captação de água e descarte de efluentes possibilitaram a geração de energia termelétrica independente da captação de água de mananciais. O descarte de efluentes em temperatura próxima à da água do mar reduziu o impacto do efluente térmico na biota marinha. A intervenção na faixa de praia, área com predominância da formação de restinga típica de cordões arenosos e considerada relevante para a proteção e manejo das tartarugas marinhas, também foi significativamente reduzida.

Como demonstrado no artigo, a sustentabilidade foi a ferramenta para busca de melhorias de projeto visando maior eficiência energética e menor impacto ambiental. A responsabilidade ambiental da GNA em todas as etapas do projeto garantiu seu sucesso. O presente artigo visa inspirar outros projetos a adotarem práticas sinérgicas e inovadoras que reduzam impactos ambientais, em especial projetos que envolvem a implantação de terminais de regaseificação de GNL associados a usinas termelétricas.

Os terminais de regaseificação de GNL são uma alternativa de suprimento de gás natural em diversos países do mundo. As motivações para a construção desses terminais podem ser o abastecimento de mercados remotos, o atendimento de demandas sazonais, a diversificação de fontes de suprimento de gás natural, ou a garantia da segurança energética de um país. No Brasil, a construção destes terminais foi promovida pela necessidade de prover a flexibilidade de oferta de gás. Nos últimos leilões de energia no Brasil, boa parte dos projetos termelétricos bem-sucedidos traziam em seu modelo de negócio usinas termelétricas a gás natural vinculadas a terminais de GNL (EPE, 2020). Nesse sentido, o projeto da GNA pode ser replicado para outros terminais de GNL associados a usinas de geração de energia elétrica.

4. Agradecimentos

A solução de melhoria do projeto foi proposta pela empresa Acciona, contratada da GNA seguindo o modelo de EPC (Engenharia, Suprimentos e Construção) para a implantação do projeto do Terminal GNL. Conforme mencionado, a solução apresentava significativa redução de impactos ambientais e dos custos de implantação por conta da eliminação da estrutura de dutos de captação de água e emissário submarino.

Além disso, cabe mencionar que todas as alterações de projeto apresentadas foram submetidas a prévia análise do administrador portuário (Porto do Açú Operações S.A.), do órgão ambiental responsável pelo licenciamento dos projetos (Instituto Estadual do Ambiente - Inea), e dos bancos financiadores (International Finance Corporation - IFC e Kreditanstalt für Wiederaufbau - KfW).

Referências

- BRASIL. (2011). *Resolução CONAMA no 430*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>
- BRASIL. (2005). *Resolução CONAMA no 357*. Diário Oficial República Federativa do Brasil. http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2020). *Terminais de GNL no Brasil Panorama dos Principais Projetos Ciclo 2019-2020*. Nota Técnica EPE/DPG/SPG/06/2020. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-527/NT%20Terminais%20de%20GNL%20no%20Brasil%20-%20Panorama%20dos%20Principais%20Projetos.pdf>
- Madrak, Sheila, Lewison, Rebecca, Seminoff, Jeffrey, & Eguchi, Tomoharu. (2016). Characterizing response of East Pacific green turtles to changing temperatures: Using acoustic telemetry in a highly urbanized environment. *Animal Biotelemetry*. *Animal Biotelemetry*, 4(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s40317-016-0114-7>
- Modelagem na Educação Matemática: Uma abordagem sobre o fenômeno natural do movimento das marés através da trigonometria*. (2014). [Monografia, Universidade Federal da Paraíba]. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13995>
- TETRA TECH. (2019). *Estudo de Dispersão de Efluentes Industriais e Sanitário do Terminal de Regaseificação do Açú (TGNL) e Unidades Termelétricas (UTE) GNA*. PROCESSO E-07/002.1589/2018. <http://www.inea.rj.gov.br/>