

# P284 Desenvolvimento de solução em software de simulação de fontes contendo gás natural e energia fotovoltaica para despacho e balanceamento energético Ciclo 2021-2022

Vitor Cestaro Randoli<sup>1</sup>; Débora Batissoco Sanches de Oliveira<sup>2</sup>; Gabriel Henrique dos Santos Costa<sup>2</sup>; Adriano Oliveira Pires<sup>2</sup>; Heverton de Lemos<sup>2</sup>; Gustavo Silvano<sup>2</sup>; Ana Gabriela Benthien Miquelão<sup>2</sup>

1 Comgás

2 FloripaBit Desenvolvimento

**Resumo** - Este trabalho apresenta uma ferramenta de simulação e otimização de usinas híbridas contendo geração fotovoltaica e geração a gás, desenvolvido pela FloripaBit em parceria com a Comgás no programa de P&D ARSESP. Com o objetivo de fornecer soluções para o mercado de geração de energia local, este sistema de simulação otimizada de usinas híbridas calcula soluções, fornecendo um painel com o resultado da operação diária e os indicadores chave relacionados. Nesse sistema, é possível simular o funcionamento ao longo do dia de uma usina híbrida, calcular indicadores de sustentabilidade e econômicos, além de prever a geração fotovoltaica com *machine learning* e consequentemente o consumo de gás para complementar o suprimento de energia, mostrando aos clientes a viabilidade econômica de usinas híbridas, as opções de redução de emissões, redução de custos e menor dependência da rede.

Palavras-chave: autossuficiência de energia, geração distribuída, usinas híbridas

## Introdução

A Comgás, como companhia de gás presente em 94 municípios no Estado de São Paulo, tem ampliado sua rede significativamente nos últimos anos, atingindo quase 19 mil clientes comerciais, o que representa 9 milhões de metros cúbicos de gás consumidos mensalmente (COMGÁS, 2023). Entretanto, para acompanhar os próximos movimentos do setor e permitir que a companhia continue aumentando sua carteira de clientes, é interessante investir em integrar as soluções já existentes contendo gás natural a outras soluções complementares, que estejam de acordo com as pautas ambientais e que em conjunto possam garantir autossuficiência de energia elétrica.

Uma alternativa interessante, tanto do ponto de vista de energia limpa e baixa emissão de carbono, quanto do ponto de vista de projeções de crescimento futuro é a energia solar fotovoltaica. De acordo com (ABSOLAR, 2023), no ano de 2023 o estado de São Paulo é o maior em geração distribuída fotovoltaica, contando com 3013,1 MW de potência instalada, o que representa 13,5% do total no Brasil. Além disso, a popularização da tecnologia, a regulação favorável e os

incentivos governamentais permitem afirmar que o crescimento exponencial vai continuar nos próximos anos.

Sendo a energia solar fotovoltaica uma fonte não-despachável que tem geração apenas em períodos de incidência do sol, não é possível garantir a autossuficiência de energia sem um suprimento complementar. Dado o cenário de crescimento, do ponto de vista de inteligência de negócios, melhor do que tentar competir com a energia fotovoltaica é se aliar à mesma em uma solução híbrida integrada, que complemente a curva de geração uma da outra.

Para isso, foi desenvolvido neste projeto, utilizando metodologia ágil, um simulador em aplicação *web*, com foco na experiência do usuário, para calcular soluções, retornando valores de despacho ótimo de geração, previsão de geração fotovoltaica com *machine learning*, indicadores financeiros para o investimento e indicadores de sustentabilidade.

## Desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto é apresentado neste trabalho em 4 etapas: Definições de Produto, Previsão Fotovoltaica, Otimização e Indicadores.

### A. Definições de Produto

O produto desenvolvido é apresentado de forma resumida na Figura 1, com os módulos do sistema, com as entradas e saídas esperadas.

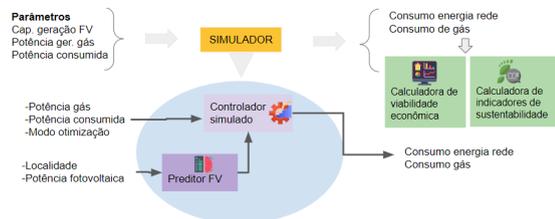


Figura 1 - Diagrama da solução

O simulador recebe como parâmetros: a capacidade de geração, a potência de geração a gás (sendo por CHP, por gerador a gás, ou outras fontes similares) e a potência consumida, ou seja, a demanda energética. O preditor de geração fotovoltaica recebe como parâmetros a localidade e a potência fotovoltaica e com esses dados calcula a previsão fotovoltaica para as próximas 24h.

O otimizador recebe os parâmetros da usina, o modo de otimização e a previsão de geração fotovoltaica vinda do preditor e calcula o consumo de energia da rede e o consumo previsto de gás. Ao final, com o consumo previsto de gás e o consumo previsto da rede, é possível calcular os indicadores financeiros e de sustentabilidade relacionados.

A Figura 2 apresenta a arquitetura da informação, com as telas e fluxos da plataforma de simulação.

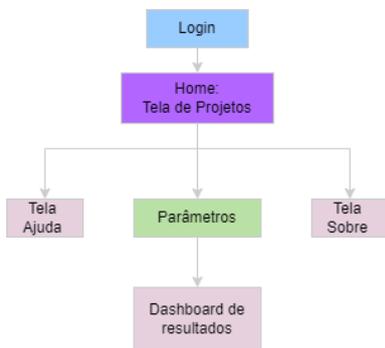


Figura 2 - Arquitetura da informação

Com os fluxos de navegação apresentados, é possível ter uma visão macro do sistema. Ao fazer o login, o usuário é levado à Tela de Projetos, onde pode escolher realizar uma

nova simulação ou visualizar uma simulação já existente. Caso tenha alguma dúvida, a Tela Sobre e a Tela Ajuda podem ser úteis.

### A. Previsão Fotovoltaica

No contexto da solução proposta, para que as fontes de geração e o consumo sejam orquestrados de maneira a atingir a melhor operação, é necessária uma otimização que considere as funções de custo da rede de distribuição, da geração fotovoltaica, do gerador a gás natural e a previsão de consumo e de geração fotovoltaica. Por ser a geração uma fonte não despachável, na energia fotovoltaica é imprescindível que se tenha um algoritmo de previsão robusto e eficiente, que tenha alta taxa de similaridade com a geração real. Com esse intuito, a previsão fotovoltaica é baseada em *machine learning*, o que garante que o algoritmo de previsão aprenda de acordo com resultados anteriores de incidência solar sob condições semelhantes.

O algoritmo de previsão fotovoltaica com *machine learning* foi desenvolvido, testado e treinado com dados de irradiação solar do INMET (INMET, 2023) para algumas cidades selecionadas na área de atendimento da concessionária em São Paulo.

### C. Otimização

O sistema de otimização desenvolvido busca minimizar o custo final da operação, tendo como parâmetros fixos a geração fotovoltaica prevista, a demanda energética local e as restrições técnicas da planta. A partir disso, é criado o melhor cenário do ponto de vista econômico, aliando fotovoltaica, geração a gás e a rede de distribuição.

Dentre as premissas do sistema desenvolvido, destaca-se: i) otimização da operação do ponto de vista do balanço energético, visando garantir que o somatório do consumo com a geração seja nulo; ii) o barramento de gás; iii) o custo do carbono está atrelado ao custo de uso dos geradores ou da rede. Dessa forma, é garantido que a operação é mais vantajosa financeiramente.

### C. Indicadores

Os indicadores a serem apresentados foram definidos em conjunto entre a entidade executora e a Comgás, com foco em atingir os objetivos do projeto.

**Tabela 1** - Indicadores desenvolvidos

| Tipo             | Indicador                                     |
|------------------|---|
| Energia          | Consumo de gás no período [m3]                |
|                  | Consumo de gás no período [R\$]               |
|                  | Consumo total de energia[kWh]                 |
|                  | Consumo total de energia[R\$]                 |
|                  | Total geração elétrica fotovoltaica [kWh]     |
|                  | Total de geração elétrica por gás [kWh]       |
|                  | Autossuficiência de energia [%]               |
|                  | Custo nivelado de operação [R\$/kWh]          |
| Sustentabilidade | CO2 equivalente [tCO2]                        |
|                  | Retorno estimado em créditos de carbono [R\$] |
|                  | Redução de emissão de carbono [tCO2]          |
|                  | Equivalente em árvores plantadas              |
|                  | Emissões finais [tCO2]                        |
| Econômico        | Economia total no período [R\$]               |
|                  | TIR [%]                                       |
|                  | VPL [R\$]                                     |
|                  | Payback [anos]                                |
|                  | TCO [R\$]                                     |
|                  | Fluxo de caixa [R\$]                          |

Após a definição, cada indicador foi modelado matematicamente, testado e validado antes de ser efetivamente desenvolvido em ambiente de *software*.

## Resultados

Para os testes de usabilidade da plataforma desenvolvida, foram utilizados dados fictícios compostos com dados reais do cliente, visando validar as funcionalidades e a apresentação dos resultados. Foram simulados mais de 50 casos e, aqui é selecionado um deles para demonstração.

A Figura 3 apresenta o painel de visualização dos resultados, que é composto por:

- Seletor de período a ser analisado;
- Especificações resumidas do projeto;
- Gráfico de operação diária da rede
- Indicadores Econômicos;
- Indicadores de sustentabilidade; e
- Indicadores de energia.



**Figura 3** - Painel de visualização de resultados

O gráfico de operação diária da usina contém as curvas de geração a gás, previsão de geração fotovoltaica, consumo da rede e demanda de energia.

## Conclusões e Contribuições

O projeto desenvolvido atingiu o objetivo de fornecer uma ferramenta de simulação para usinas híbridas, integrando múltiplas fontes. Dessa forma, é possível simular a operação combinada de geração fotovoltaica e geração a gás, seja por gerador convencional ou CHP, com o comportamento diário da operação e os indicadores relacionados.

Além disso, foi possível desenvolver durante o projeto um algoritmo de previsão fotovoltaica inovador com *machine learning* e realizar os testes e treinamento para as cidades selecionadas na área de concessão da distribuidora.

Dessa forma, a Comgás detém uma ferramenta para ampliar sua atuação no mercado de geração distribuída, cooperando ativamente para formas mais sustentáveis economicamente e ambientalmente de geração de energia.

## Referências

- COMGÁS. Nossa Rede. 2023. Disponível em: <https://www.comgas.com.br/>. Acesso em: 10 mai. 2023.
- ABSOLAR. Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo. 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico>. Acesso em: 12 mai. 2023.
- INMET. Tabela de Dados das Estações. 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 15 mai.. 2023.