

ALGORITMO PARA GESTÃO INTELIGENTE DOS DISPOSITIVOS DO ERAC

Tema: Sistemas de Controle, Automação e Proteção

Autores: Júlia Linck

Co-Autores: Cristiano Gattermann; Gabriela Schmitt Ferreira

Empresa: RGE Sul Distribuição de Energia S/A

Resumo

Em 2023, houve um crescimento de 68% da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD), em relação à 2022. Por mais que saibamos os pontos positivos para o SEP com a evolução do uso das MMGDs, os impactos também devem ser levados em consideração, dentre eles o fluxo de potência bidirecional na rede de distribuição, quando a potência gerada é superior que a carga do alimentador. Tendo isso em vista, há dificuldade na previsibilidade do montante de carga e de geração, de modo que a assertividade no dimensionamento e implementação do ERAC é comprometida. Assim, se torna cada vez mais imprescindível uma forma inteligente e dinâmica de definição de pontos necessários para atingir o percentual de corte, com base nas condições operacionais reais do Sistema Elétrico de Potência, utilizando-se de ferramentas já empregadas pelas distribuidoras de energia, de modo a garantir o corte de carga adequado, ou seja, atingindo o percentual estipulado pelo Órgão Regulador e evitando cortes adicionais. Para tal, foi criado um algoritmo, utilizando-se o supervisor ADMS, de forma a realizar a gestão inteligente dos dispositivos do ERAC, durante fluxos de potência inversos. Além disso, desenvolveu-se formas de se manter um histórico e gestão das ações do algoritmo.

1. Introdução

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) é responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, a partir de uma estrutura complexa, podendo essa ser interligada de forma nacional ou regional. Visando a operação desse sistema, garantindo a operação pelos padrões estabelecidos de confiabilidade, disponibilidade, qualidade e segurança, o Sistema Interligado Nacional (SIN) foi fomentado a partir de 1998, no qual possibilita o intercâmbio de energia. Para garantir a correta operação destes sistemas, é necessário um gerenciamento para a coordenação da geração conforme a demanda de carga (OLIVEIRA *et al.*, 2021). O SIN opera em uma frequência nominal de 60 Hz, podendo ter várias causas para a sua variação, sendo as principais: a variação da carga conectada, a alteração da configuração da rede elétrica por ação de proteção e a perda de geração. A variação da frequência ocorre, normalmente, em casos de grande perda de geração (FREITAS *apud* KINDERMANN, 2022).

Assim, quando temos um desequilíbrio entre a carga e a geração do sistema, o ERAC (Esquema Regional de Alívio de Carga) é utilizado como proteção para prevenir o colapso do SEP. Dessa forma, é definido um percentual de corte de carga com a finalidade de reestabelecer esse equilíbrio. Esse percentual é dividido

em estágios de atuação, nos quais a frequência e o montante de carga a ser cortada em cada estágio é determinado pelos estudos elétricos realizados pelo ONS (ONS, 2024).

Os dispositivos disponibilizados para corte pelo ERAC, são levantados por cada agente de distribuição ou consumidor livre, no qual, dentre outras características a serem analisadas, leva-se em consideração o montante de carga do ponto em questão, assim como sua curva de carga, para que se atinja o percentual de corte.

Com o aumento da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD), essa curva de carga pode sofrer alterações, visto que as usinas de geração centralizadas, tais como hidrelétricas, termelétricas e nucleares, continuam gerando e injetando uma quantidade estudada significativa de energia na rede, em paralelo às gerações distribuídas (GD), o que acarreta um fenômeno conhecido como curva do pato (*duck curve*). A curva se caracteriza pela queda acentuada da demanda de energia, por volta do meio-dia, período no qual há a geração máxima dos painéis solares (OLIVEIRA *et al.*, 2021a). Na Figura 1, é possível verificar a acentuação da curva no horário de pico da geração, entre os anos de 2015 e 2023, durante a primavera na Califórnia.

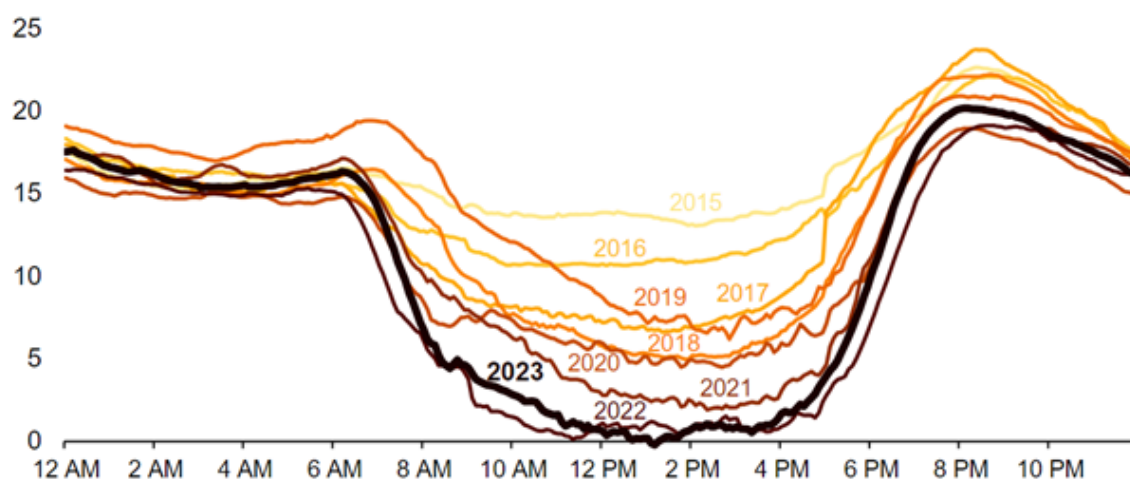


Figura 1 - Curva do Pato Califórnia (Primavera 2015-2023), GW

Além da alteração na curva de carga, as MMGDs podem impactar no SEP em outros aspectos, tal como no fluxo de potência, que passa a ser bidirecional na rede de distribuição, quando a potência gerada é superior à carga do alimentador (OLIVEIRA *et al.*, 2021a).

Tendo isso em vista, se torna cada vez mais necessário uma forma inteligente e dinâmica da gestão de dispositivos do ERAC, evitando que, em caso de atuação durante períodos de fluxos inversos, sejam desligados pontos com geração.

Dessa forma, com o objetivo de evitar o corte de carga em equipamentos que estejam operando em fluxo de potência inverso, esse trabalho desenvolveu um algoritmo no sistema supervisor ADMS (*Advanced Distribution Management System*), de modo a inibir a função de subfrequência (ANSI 81) quando a condição pré-estabelecida for atendida. Para tal, foi realizado um levantamento dos equipamentos que possuíam a função 81 incluída e disponibilizada por telecomando via ADMS. A partir disso, houve o desenvolvimento do algoritmo, utilizando do módulo GCE. Uma vez validado o algoritmo, foram realizados testes e simulações no ambiente de qualidade e após, realizada a implementação em ambiente de produção, onde pode-se observar o desempenho satisfatório do algoritmo durante os períodos de geração. Por fim, foi idealizado uma etiqueta para sinalização gráfica no sistema ADMS, de modo a se identificar de maneira ágil as ações realizadas pelo algoritmo, assim como para realização de gestão de histórico dos comandos realizados automaticamente pelo sistema.

2. Desenvolvimento

Com objetivo de verificar o montante de pontos no qual o algoritmo seria implementado, inicialmente levantou-se os pontos nos quais o ERAC estava ativo. Na Tabela 1, é possível verificar que a RGE possui 127 dispositivos, sendo este divididos em seus respectivos estágios de atuação.

Tabela 1 – Quantidade de Dispositivos da RGE, por estágio

| Estágio Fixo | Quantidade de Dispositivos |
|--------------|----------------------------|
| Estágio 1 | 19 |
| Estágio 2 | 20 |
| Estágio 3 | 27 |
| Estágio 4 | 33 |
| Estágio 5 | 28 |
| Total | 127 |

Os ajustes de atuação estão, em sua maioria, implementados nos disjuntores de baixa tensão, ou seja, no lado secundário dos transformadores de força das subestações, podendo estar em linhas de transmissão ou disjuntores de alta tensão destes transformadores de força, conforme a configuração das SEs. Dentre os dispositivos disponíveis na área de concessão da RGE, é possível observar que em agosto de 2024, 50,3% dos pontos possuem alguma inversão de fluxo durante o dia, o que não acontecia de forma significativa, se comparado aos anos anteriores, no período antecedente à consolidação de instalação de MMGDs em sistemas elétricos de potência. Esse número ainda pode variar, conforme a estação do ano, em uma faixa de 45% e 70%.

Nas Figuras 2 e 3, temos as curvas de carga dois pontos determinados, em regiões distintas, sendo elas uma urbana e outra rural, respectivamente.



Figura 2 - Curva de Carga da Região Rural

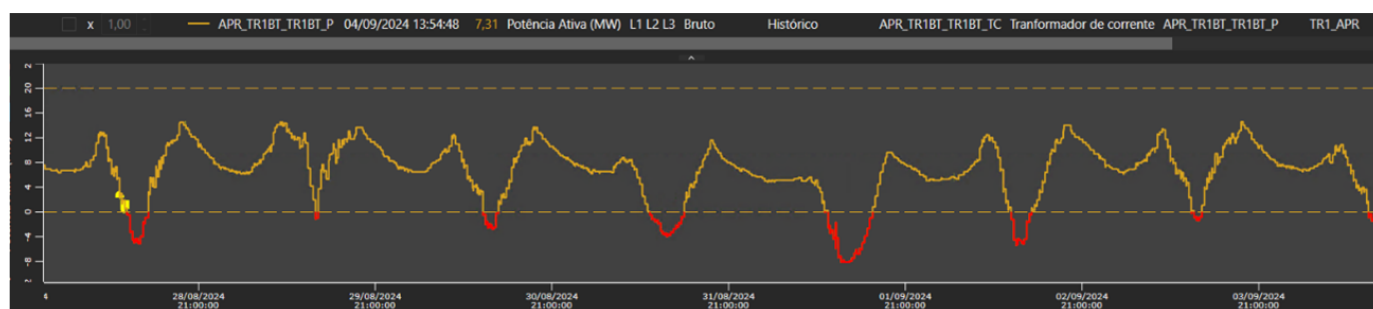


Figura 3 - Curva de Carga da Região Urbana

2.1 Desenvolvimento do Algoritmo

Para o desenvolvimento do algoritmo, foi levado em consideração como principal ponto, o monitoramento das cargas (potência ativa) dos dispositivos do ERAC. Dessa forma, ao identificar um fluxo inverso, há a exclusão da função 81, de modo que não há o corte de consumidores geradores e, quando há a normalização desse fluxo, temos a inclusão da função.

A Figura 4 ilustra de forma objetiva, o comportamento esperado do algoritmo, quanto ao monitoramento e acompanhamento da função responsável por atuação automática, em caso de superação de níveis pré-definidos de sub ou sobre frequência de um determinado ponto do ERAC.

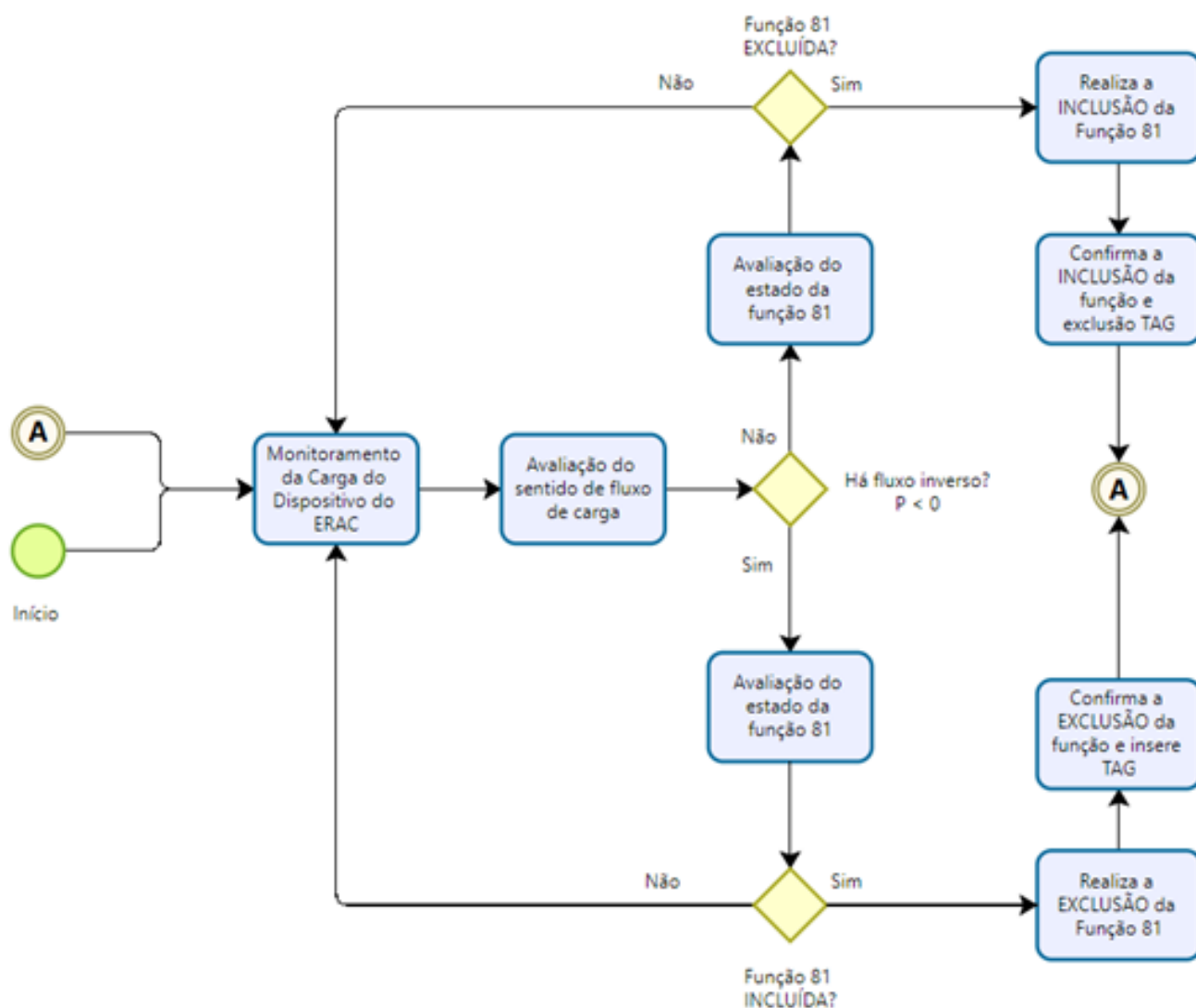


Figura 4 - Fluxo de Funcionamento do Algoritmo

Na Figura 5, é possível verificar as variáveis de entrada definidas para o funcionamento do algoritmo, onde, respectivamente, é definido o valor limite utilizado para ser considerado fluxo inverso ($vLimite = 0$), o sinal analógico que será monitorado e comparado ao $vLimite$ (potência ativa do dispositivo), o sinal discreto da função 81 e o id deste sinal.

| Parâmetros | | |
|-------------|---------------|-------|
| Nome | Tipo de dados | Saída |
| $vLimite$ | Double | Falso |
| $asMedicao$ | ASignal | Falso |
| $dsFuncao$ | DSignal | Falso |
| $gidFuncao$ | Long | Falso |

Figura 5 - Variáveis de Entrada

Conforme demonstrado na Figura 4, é realizada a comparação entre o valor lido da potência ativa e o valor estabelecido como limite, para ser considerado fluxo inverso. Na Figura 6, é possível verificar a validação se o valor analógico é menor do que zero.

```
if ((float) asMedicao.Value <= (float) vLimiteC)
```

Figura 6 - Comparação entre Valor Lido e Limite

```
if (dsFuncao.Value == 2) // Se a função esteve INCLUIDA
{
    try {GCECommand.CommandDiscrete(gidFuncao, 1);} // EXCLUIR função 81
    catch(Exception e){
        GCELog.Log("Erro ao EXCLUIR 81");
        GCELog.DumpExceptionToLog(e);
    }

    try {GCETag.Add(gidFuncao, gidTag, comment, today);} // INSERE TAG no sinal da função 81
    catch(Exception e){
        GCELog.Log("Erro ao inserir TAG");
        GCELog.DumpExceptionToLog(e);
    }
}
```

Figura 7 - Comparação de Função e Execução de Comando

2.2 Desenvolvimento de Etiqueta de Sinalização Gráfica e de Gestão

Uma etiqueta do tipo “TAG” foi criada no ADMS, visando possibilitar a gestão dos dispositivos que tiveram sua função de subfrequência excluídas, assim como o histórico de ações realizadas pelo algoritmo, servindo de subsídio para a construção de painéis no futuro, orientando os objetivos e metas que a concessionária venha a estabelecer

Além dos usos já mencionados, a TAG também é utilizada com uma sinalização gráfica de fácil identificação por parte dos Operadores do Centro de Operação, de modo a garantir uma rápida identificação da motivação de comandos realizados automaticamente pelo sistema supervisorio.

Na Figura 8, é possível visualizar a TAG desenvolvida.



Figura 8 - Fluxo de Funcionamento do Algoritmo

Além da sinalização gráfica, o algoritmo insere uma nota padronizada na própria TAG de forma instantânea, proporcionando maiores informações sobre as ações realizadas aos usuários do sistema (Figura 9).

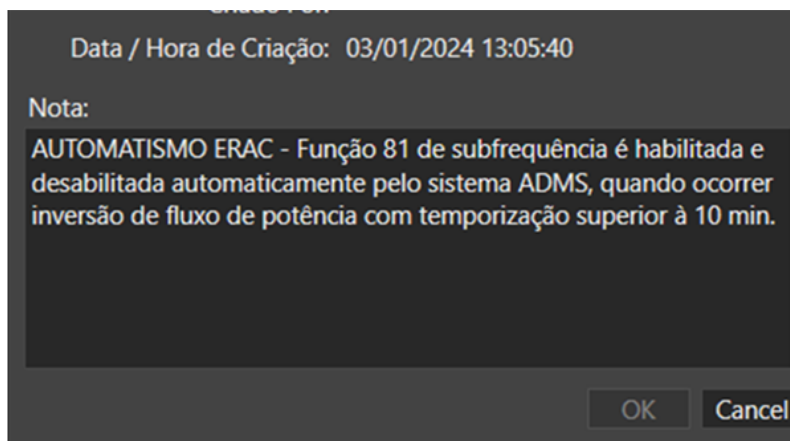


Figura 9 - Aplicação da TAG com Nota Padrão de Informação

2.3 Resultados

Após expandir a implementação do algoritmo para todos os pontos do ERAC, foi possível visualizar o funcionamento em tempo real. Na Figura 10, é possível verificar o gráfico da curva de carga de um determinado dispositivo. Em paralelo a esta curva, foi traçada uma representação do estado da Função 81 deste mesmo dispositivo, indicando se a mesma está incluída ou excluída, permitindo um comparativo na linha do tempo, entre o estado da função 81 e a evolução da curva de carga.

Dessa forma, visualiza-se que, em momentos que há a inversão do fluxo de carga, temos a exclusão da função e, da mesma forma, quando há a normalização do fluxo, é realizada novamente a inclusão da função de subfrequência.

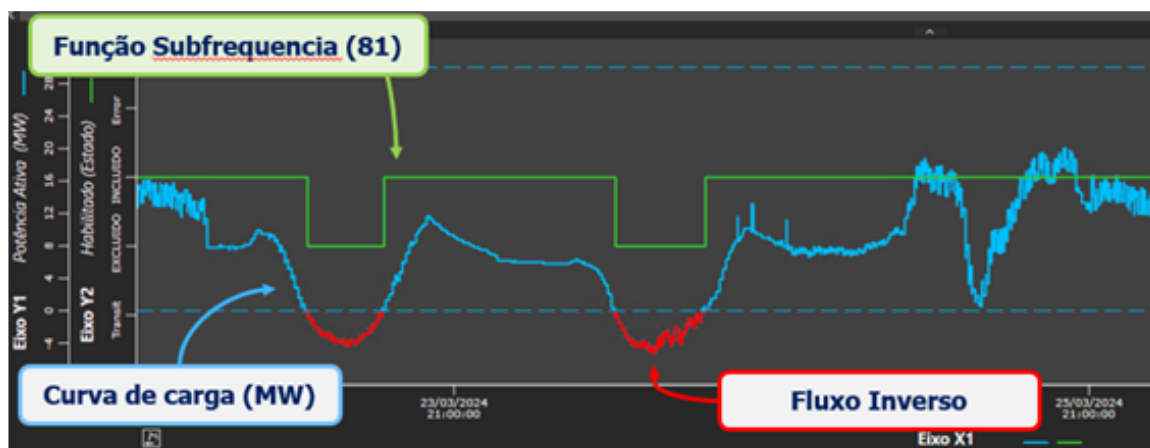


Figura 10 - Gráfico da Automatização

Além da visualização gráfica, também é possível realizar a consulta do funcionamento do algoritmo pelo sumário de eventos do sistema supervisor, no qual fica registrado, de forma cronológica, a data e horários dos comandos emitidos, assim como as ações de exclusão/inclusão e adição/remoção das TAGs que possam interessar a gestão e o planejamento da operação em relação ao tema (Figura 11).

| Tempo de processamento | Data do Campo | Mensagem | Elemento |
|-------------------------|-------------------------|--|--------------------|
| 03/01/2024 13:21:21.405 | 03/01/2024 13:21:19.263 | CEXEC - INCLUIR Executado com Sucesso [] | APR_TR1BT_TR1BT_81 |
| 03/01/2024 13:21:12.158 | 03/01/2024 13:21:11.944 | TAGR removido [] | APR_TR1BT_TR1BT_81 |
| 03/01/2024 13:21:09.953 | 03/01/2024 13:21:09.944 | COPER - Comando emitido INCLUIR. [] | APR_TR1BT_TR1BT_81 |
| 03/01/2024 13:05:51.054 | 03/01/2024 13:05:49.062 | CEXEC - EXCLUIR Executado com Sucesso [] | APR_TR1BT_TR1BT_81 |
| 03/01/2024 13:05:41.003 | 03/01/2024 13:05:40.989 | TAGA adicionada [] | APR_TR1BT_TR1BT_81 |
| 03/01/2024 13:05:39.977 | 03/01/2024 13:05:39.958 | COPER - Comando emitido EXCLUIR. [] | APR_TR1BT_TR1BT_81 |

Figura 11 - Sumário de Eventos

No período de janeiro a setembro de 2024, foi possível observar que o algoritmo foi acionado 3379, ou seja, situações em que foi verificado a ocorrência de fluxo inverso e a função 81 foi desabilitada automaticamente pelo sistema supervisor.

Ainda com esses dados, se observa que os acionamentos se dão, em sua maioria, entre 9h e 14h, horário no qual temos a geração máxima das MMGDs (Figura 12).

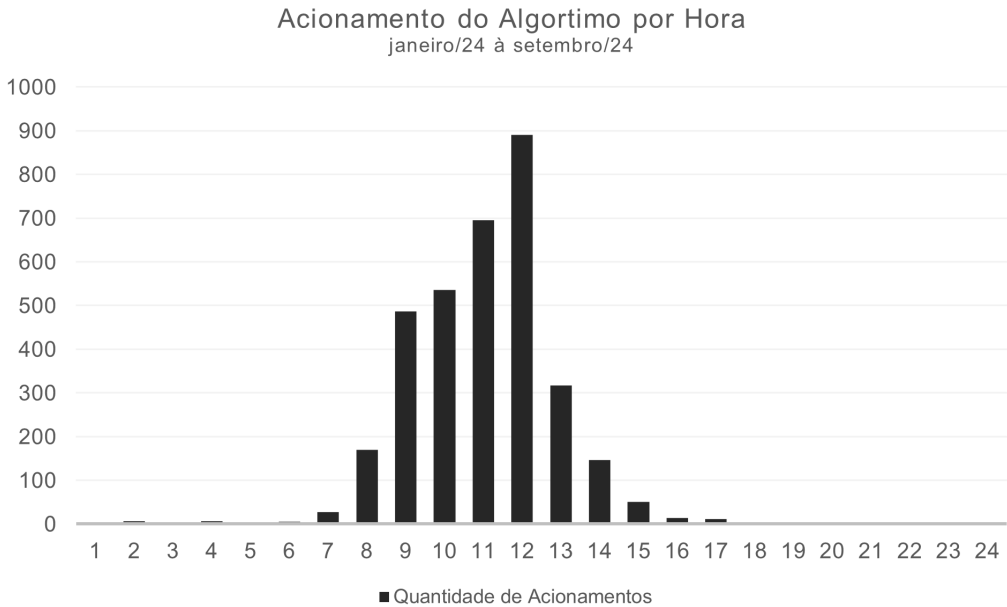


Figura 12 - Acionamento do Algoritmo por Hora

3. Conclusão

A construção do algoritmo de forma objetiva e o conjunto de regras estabelecidas permitem que a implementação possa ser difundida para outras distribuidoras, assim como para as demais empresas distribuidoras do grupo CPFL, visto se tratar de uma linguagem amplamente utilizada e que pode ser modificada conforme as necessidades e situações específicas de cada concessionária de energia.

A solução proposta ainda permite a geração de informações e acompanhamentos de dados reais, a partir do momento que foi implementada em produção, estando disponível para uma próxima situação eventual de possível atuação do ERAC.

A idealização da etiqueta gráfica, contribui no sentido de prover dados e informações específicas sobre o tema, utilizando funções básicas do sistema supervisor, fornecendo subsídios que apoiam e conduzem

a tomada de decisão mais assertiva da gestão e do planejamento da operação, seja no registro histórico de eventuais atuações do ERAC, na revisão das informações de cada um dos pontos definidos, bem como na produção de relatórios e devidas elucidações quando solicitado pelo ONS.

Dessa forma, foi possível evidenciar e confirmar que a solução aprimorou as regras e diretrizes sobre o tema ERAC, modernizando e padronizando este processo, promovendo a eficiência e a digitalização das atividades, contribuindo para uma gestão inteligente da carga frente às mudanças contínuas na rede distribuição e os impactos no Sistema Interligado Nacional (SIN).

4. Referências bibliográficas

EPE., MNE. Relatório Síntese 2024. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>>. Acesso em: 27 jul. 24.

FREITAS, Andressa. Esquema de Alívio de Carga por Subfrequência Visando a Menor Perda de Receita. Medianeira, 2022.

OLIVEIRA, Iberê C.; SILVEIRA, Miguel F.; FUJISAWA, Cassio H.; BINOTTO, Jessica; GOUVEIA, Marco A.; RODRIGUES, Raquel L.; COSTA Victor C.; HERRERA, Victoria A. Transmissão e Distribuição de Energia. Grupo A, 2021. *E-book*. ISBN 9786556902111. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902111/>. Acesso em: 03 jun. 2024.

OLIVEIRA, Iberê C.; OBADOWSKI, Vinícius N.; JÚNIOR, Ary P.; SILVA, Cíntia A.; SARAIVA, Eduardo S.; PEDROSO, Fabiano A.; ASSUNÇÃO, Germano S.; DOS SANTOS, Lucas D.; SILVEIRA, Miguel F.; AZEVEDO, Tiago P. Geração de Energia Elétrica. Porto Alegre: Grupo A, 2021a. *E-book*. ISBN 9786556902531. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902531/>. Acesso em: 27 jul. 2024.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. Manual de Procedimentos da Operação Módulo 5 - Submódulo 5.12. 2024.