

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA *WEB* PARA O CONTROLE DE GERAÇÃO NA REGIÃO DE NOVA SANTA RITA - POVO NOVO



**MATHEUS NASCIMENTO SOARES
MARQUES DE LIMA**

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

**FABRÍCIO YUTAKA KUWABATA
TAKIGAWA**

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

THIAGO PEDRO FLORINDO

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

WERIK RAMOS DE PAULA

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

MARCOS ROBERTO SCHMITT

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

te a indisponibilidade de um Sistema de Proteção Especial pode ser necessária a operação manual nos ajustes no sistema pelo operador. Destaca-se que, nesse momento, a rápida e assertiva tomada de decisão por parte do operador se conflita com as diversas variáveis que devem ser levadas em consideração em um curto intervalo de tempo. Nesse sentido, buscando auxiliar o operador para um caso específico de indisponibilidade, foi desenvolvido uma ferramenta *web*, baseada na modelagem matemática do problema de indisponibilidade do Sistema de Proteção Especial da região do Sul do Rio Grande do Sul, seguindo as diretrizes dos Procedimentos de Rede.

PALAVRA-CHAVE: Sistema Interligado Nacional. Contingência e Esquemas Especiais. Controle de Geração. Operação em Tempo Real. Ferramenta *web*.

RESUMO: O sistema brasileiro de produção e geração de energia possui uma grande extensão e a operação do mesmo é uma tarefa complexa. O Operador Nacional do Sistema Elétrico é o responsável pela operação (coordenação e controle), conforme descrito nos Procedimentos de Rede. Esses procedimentos são documentos que normatizam o planejamento da operação e a operação em tempo real. Entretanto, em determinados cenários devido a mudanças nas condições operacionais do sistema (carga, geração, contingências em equipamentos), diversos ajustes podem ser feitos na operação do sistema no tempo real. Pode-se citar como exemplo de ajuste necessário, a indisponibilidade do Sistema de Proteção Especial (equipamentos de proteção avançados, que integram e protegem diversos equipamentos do sistema por meio de lógicas de operação). Duran-

ABSTRACT: The Brazilian system of energy production and transmission has a large extension and the system operation is a complex task. The National Electric System Operator is responsible for the operation (coordination and control), as described in the Network Procedures. These procedures are documents that regulate the operation planning and the real time operation. However, due to changes in the system operating conditions (load, generation, contingencies in equipment), several adjustments can be made in the real time. As an example of necessary adjustment, the unavailability of the Special Protection System (advanced protection equipment, which integrates and protects various equipment by means of operating logic). During the unavailability of a Special Protection System, manual operation may be

necessary. It is noteworthy that, at this moment, the quick and assertive decision making by the operator conflicts with the various variables that must be taken into account in a short period of time. In this sense, seeking to assist the operator for a specific case of unavailability, a web tool was developed, based on the mathematical modeling of the unavailability problem of the Special Protection System in the southern region of Rio Grande do Sul, following the guidelines of the Network Procedures.

KEYWORDS: National Interconnected System. Network Procedures. Contingency and Special Schemes. Generation Control. Real Time Operation. Web Tool.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é predominante um sistema hidro-termo-eólico e de porte continental, com predominância de usinas hidrelétricas (ONS, 2020). Entretanto nos últimos anos, políticas mais sustentáveis estão sendo adotadas para diversificar a matriz energética (BRASIL, 2020). Em 2019, aproximadamente 10% da potência instalada são de empreendimentos eólicos e 1,5% de solares (ANEEL, 2020).

Por outro lado, a inserção das fontes eólicas e solares traz diversos desafios para o Operador Nacional do Sistema (ONS) no tocante à operação do Sistema Interligado Nacional (SIN). O principal motivo refere-se a característica intermitente da fonte renovável, que requer um perfil flexível de despacho ao longo do dia (LINS, 2018).

Nesse contexto, a operação do SIN deve necessariamente respeitar os Procedimentos de Rede (PRs), que são documentos de caráter normativo para a operação das instalações de transmissão e de geração da rede básica do sistema (BRITO, 2014).

Adicionalmente, na operação do sistema, o ONS conta com o auxílio dos Sistemas Especiais de Proteções (SEPs) instalados no SIN. Os SEPs são equipamentos de proteção avançados, que visam proteger o sistema quando submetido a eventos que acarretam instabilidades ou desligamentos em cascata. Neste sentido, os SEPs resguardam os equipamentos e o sistema como um todo, através da possibilidade de abertura de Linhas de Transmissão (LTs), seccionamento de barramentos, corte de cargas, controle das gerações, isolamento de transformadores, inserção/retirada de cargas reativas entre outras (GONÇALVES, 2012).

Nesse contexto, durante a ocorrência de situações operativas atípicas, como a indisponibilidade do SEP, ou na ausência de lógicas de controle de emergência, o operador em tempo real deve manter as lógicas programadas de forma manual, baseando-se em tabelas e regras operativas definidas nos PRs. No entanto, a tomada de decisão nessas ocorrências, exige do operador em tempo real, em curtos intervalos de tempo, decisões complexas. Neste sentido, baseado em uma análise preliminar dos PRs, foi escolhido o caso singular de maior complexidade na indisponibilidade do SEP. O caso está previsto no PR denominado: Esquemas Especiais da Área 525 kV da região Sul, código: IO-EE.S.5SU, revisão: 66, de 2018 (ONS, 2018).

A Figura 1 ilustra a LT de estudo em destaque excluindo as outras linhas de transmissão da região (SINDAT, 2020).

Figura 1 - LT 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo.



No referido PR (ONS, 2018), na indisponibilidade das logicas operativas, o operador em tempo real deve controlar a geração de diversas usinas eólicas, termelétricas, intercâmbios entre países (conexão com o Uruguai, por meio das conversoras Melo e Rivera), fluxo de linhas de transmissão, baseado em diversas diretrizes estabelecidas em estudos prévios de planejamento elétrico da região. Os conjuntos de geração eólica da região são:

- Conjunto Santa Vitória do Palmar (CSVPA)
- Conjunto Marmeleiro 2 (CMRO2)
- Conjunto Quinta 138 kV (CQ138)
- Conjunto Quinta 69 kV (CQU69)
- Conjunto Livramento 2 (CLIV2)

Nesse sentido, o caso proposto foi modelado matematicamente (FLORINDO, 2019) abordando os procedimentos descritos nos PRs e foi desenvolvida uma ferramenta *web*, como uma ferramenta de apoio ao operador. A ferramenta recomenda os valores de corte de geração dos conjuntos eólicos, em função do limite de fluxo na LT de 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo, conforme diretrizes do PR.

O trabalho está estruturado em outros dois capítulos, sendo o de desenvolvimento (funcionamento do SEP a ser abordado, modelagem matemática e o desenvolvimento da ferramenta *web*) e o de conclusão, com as considerações finais.

2. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo, inicialmente, é apresentada a descrição do funcionamento do controle de emergência do SEP em questão. Posteriormente, é abordada a modelagem matemática proposta para a solução do problema de indisponibilidade do SEP e, por fim, descreve a ferramenta *web* desenvolvida.

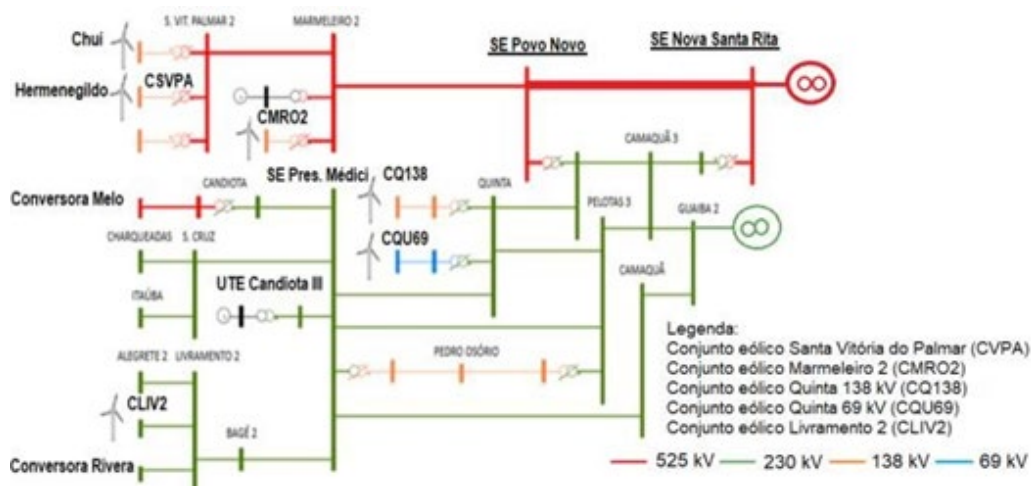
I. Controle de emergência para a contingência da LT 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo

Nessa seção será abordada a região e as principais fontes de geração envolvidas, assim como o SEP e suas lógicas em operação normal. Posteriormente, é abordado o controle de geração definido na indisponibilidade das lógicas nos PRs (ONS, 2020).

Na região sudeste do Rio Grande do Sul (RS) encontram-se grandes complexos de usinas eólicas em conjunto com as interligações com o Uruguai, além da usina termelétrica (UTE) de Candiota III. Todas essas gerações utilizam da LT de 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo para escoar a produção para a grande Porto Alegre, sendo, portanto, notória a importância dessa LT para região.

O SEP denominado “Controle de Emergência no Sul do Rio Grande do Sul para Contingência da LT de 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo” tem por objetivo evitar o colapso de tensão e o corte de carga no sul do RS. No funcionamento do SEP a rede básica pode ser reduzida para a região apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Sistema elétrico relacionado ao problema.

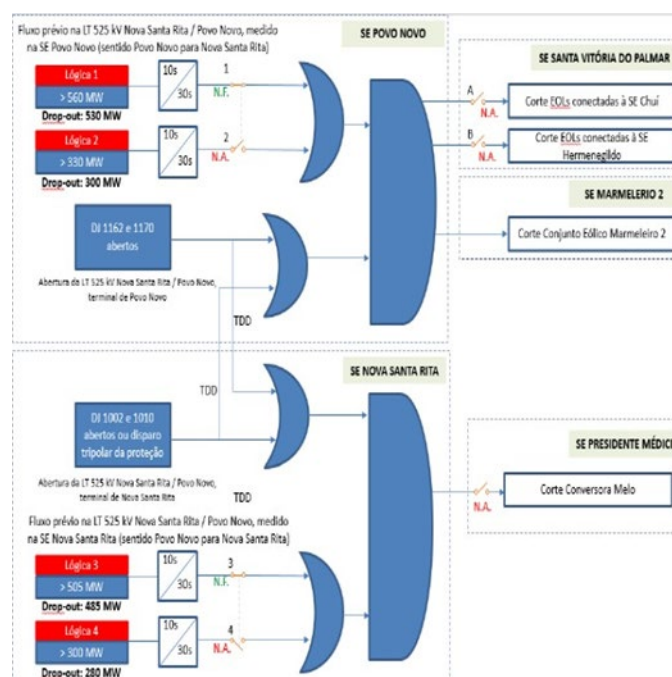


O funcionamento normal do SEP conforme os PRs, apresenta 4 lógicas, as lógicas 1 e 2 são ligadas e desligadas na SE Povo Novo, e estão relacionadas ao corte de geração eólica. E, as lógicas 3 e 4, são ligadas e desligadas na SE Presidente Médici, e são relacionadas ao corte da importação de energia pelo Uruguai. Nesses casos o corte é efetuado através de aberturas de disjuntores.

Um esquemático das lógicas é apresentado na Figura 3 e seu funcionamento está ilustrado por meio de portas lógicas. No entanto, é preciso salientar que existe um intertravamento nas lógicas (a lógica 1 com a 2 e, a lógica 3 com a lógica 4). Desta forma, não é possível que as lógicas 1 e 2 sejam ligadas juntas, da mesma maneira as lógicas 3 e 4.

Outro ponto que merece destaque é que as lógicas são ligadas pelo operador, sendo apenas a atuação automatizada. Desta forma, o operador deve solicitar, dependendo da lógica, o fechamento das chaves A e/ou B (corte geração eólica), que estão localizadas nas SEs Chuí e Hermenegildo respectivamente, e/ou o fechamento da chave na SE Presidente Médici (corte de importação de energia).

Figura 3 - Esquemático das lógicas (ONS, 2018).



Todavia, as lógicas mesmo sensibilizadas, somente atuam quando houver o disparo dos disjuntores da LT, nas SEs Povo Novo ou Nova Santa Rita. A Tabela 1 apresenta o resumo do funcionamento das lógicas de controle para as Condições do Sistema (CS).

Tabela 1 - Resumo do funcionamento das lógicas.

Condições do Sistema (CS)						Lógicas Ligadas				
	Operação Normal	Contingência em algum equipamento	Contingência em algum equipamento	Importação pela conversora Melo	Candiota III operando	Candiota III fora de operação	1	2	3	4
1	x						x			
2		x						x		
3	x			x		x		x		x
4			x	x	x			x		x
5	x			x	x		x		x	

De forma resumida, sobre as atuações das lógicas:

- A lógica 1 corta a geração do CMRO2 (prioritário).
- A lógica 2 atua no corte de geração do CMRO2, podendo também cortar a geração em Chuí e/ou Hermenegildo.
- As lógicas 3 e 4 atuam no corte da importação da conversora Melo.
- As lógicas 1 e 3 podem atuar juntas, dependendo do fluxo prévio na LT 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo, sendo que a lógica 1 atua no corte de geração e a lógica 3 no corte da importação. As lógicas 2 e 4 também podem atuar juntas, dependendo do fluxo prévio na LT 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo, sendo que a lógica 2 atua no corte de geração e a lógica 4 no corte da importação.

Agora sob outra perspectiva, no contexto da indisponibilidade do SEP, faz-se necessário o controle do fluxo na LT através do controle de geração e/ou importação, conforme os PRs. O limite do fluxo está relacionado com as lógicas atribuídas e com as CS. A relação da lógica com o limite de fluxo na LT está disposta na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores limites de fluxo na LT pela indisponibilidade da lógica.

Lógica Indisponível	Limite de Fluxo na LT de 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo (no sentido da SE Povo Novo para SE Nova Santa Rita) (MW)
Lógica 1	560
Lógica 2	330
Lógica 3	540 (se a importação de energia pela Conversora Melo estiver do mínimo operativo até 350 MW) 510 (se a importação de energia pela Conversora Melo estiver superior a 350 MW)
Lógica 4	300

Desta forma, de acordo com as lógicas apresentadas, o operador em tempo real controla a geração e/ou a importação para manter o limite do fluxo na LT. Note que esse processo se refere à indisponibilidade das lógicas e à necessidade de limitar o fluxo na LT, prevenindo as consequências da perda da LT (atuando de forma preventiva).

Entretanto, o controle de geração e importação em tempo real se difere do controle das lógicas citado anteriormente, visto que o controle é efetuado de forma gradativa, sem aberturas de disjuntores. Ou seja, assim que constatado a ultrapassagem do limite do fluxo para determinada lógica, o operador em tempo real observa quanto de fluxo ultrapassou o limite e começa o controle de geração e/ou importação.

A prioridade é reduzir a importação, caso esteja importando pela conversora Melo e/ou pela conversora Rivera, deve-se reduzir até normalizar o fluxo na LT. Entretanto, caso a importação seja

nula ou insuficiente para normalizar o fluxo na LT, o operador deve efetuar o controle de geração eólica.

No controle de geração eólica, a prioridade da redução de geração é do CMRO2 (conforme os PRs). Posteriormente, caso o corte do CMRO2 não seja suficiente para adequar o fluxo da LT ao limite requerido, o fluxo excedente remanescente deve ser reduzido pelos outros conjuntos eólicos, de forma proporcional à capacidade instalada do CSVPA, CQ138, CQU69 e CLIV2, conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Proporcionalidade da capacidade instalada e impacto no fluxo da LT.

Conjunto Eólico	Capacidade Instalada (MW)	%
CLIV2	217	22,3
CSPVA	583	60
CQ138	108	11,1
CQU69	64	6,6
Total	922	100

Outro aspecto importante é a sensibilidade de cada conjunto eólico em relação a LT, ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Sensibilidade dos conjuntos eólicos em relação a LT.

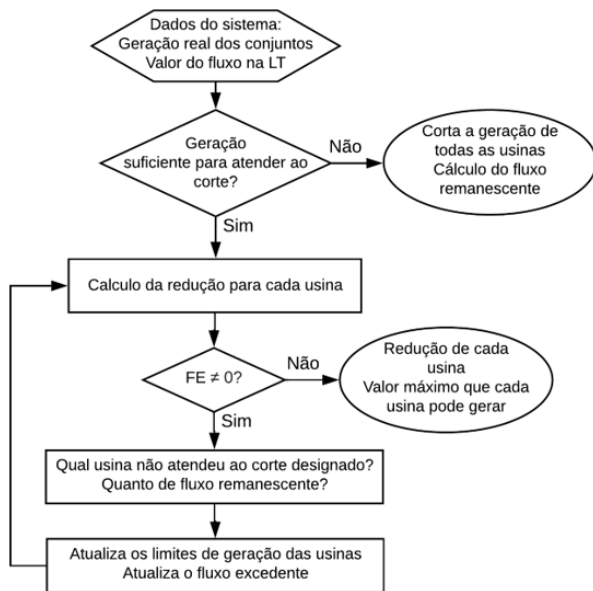
Usina Elevação de geração (+100 MW)	Elevação no Fluxo da LT de 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo (MW)
CSVPA	70
CMRO2	70
CQ138	60
CQU69	58
CLIV2	21

Com esses dados o operador em tempo real precisa calcular o quanto cada conjunto eólico deve reduzir, havendo possibilidade de refazer o cálculo caso o corte designado não seja atendido (há possibilidade do conjunto eólico não estar gerando o suficiente para atender ao corte designado nos PRs, visto um dos parâmetros ser referente à capacidade instalada).

II. Modelagem para o controle da geração eólica da região

A modelagem matemática do problema consiste na representação das instruções dos PRs e segue o algoritmo proposto na Figura 4. O valor de Fluxo Excedente (FE) é a diferença do fluxo real na LT e o limite obtido nos PRs (Tabela 2).

Figura 4 - Fluxograma do algoritmo para o controle de geração da região.



A modelagem matemática (1)-(5) do problema está ilustrada a seguir.

$$\text{Min } f = \sum_{e=2}^5 x_e + \sum_{e=2}^5 p * vf_e \quad (1)$$

$$PC_e = \frac{CI_e}{\sum_{e=2}^5 CI_e} \quad (2)$$

$$\left(\frac{S_e * X_e}{PC_e} \right) + \left(\frac{S_1 * X_1}{1} \right) + vf_e = FE, \quad e = 2, 3, 4, 5. \quad (3)$$

$$0 \leq X_e \leq \text{Geração atualizada}_{ei}, \quad e = 1, 2, 3, 4 \text{ e } 5 \quad (4)$$

$$0 \leq vf_e \quad (5)$$

Em que:

X_e	corte dos conjuntos eólicos e (MW), sendo que CMRO2 ($e=1$), CSVPA ($e=2$), CQ138 ($e=3$), CQU69 ($e=4$), e CLIV2 ($e=5$);
vf_e	variável de folga dos conjuntos eólicos (MW);
p	penalidade das variáveis de folga (sendo $p = 1.000$);
PC_e	proporcionalidade da capacidade instalada dos conjuntos eólicos (%);
CI_e	capacidade instalada dos conjuntos eólicos (MW);
S_e	sensibilidade do conjunto eólico (%);

Geração Atualizada_{ei} limite máximo de geração do conjunto eólico e na iteração i (MW).

O objetivo (1) do problema é minimizar o corte da geração eólica e, como pode ser observado, as variáveis de folga vf_e são penalizadas na função objetivo. Quando a variável de folga assume valores maiores que zero, indica a necessidade de mais uma iteração, pois o respectivo conjunto eólico da variável de folga não tinha geração suficiente para atender ao corte designado. O índice e inicia em 2 pois o CMRO2 é prioritário ao corte de geração eólica.

Em (2) é ilustrado o cálculo da proporcionalidade da usina em relação a capacidade instalada do conjunto eólico. A representação da aplicação do fator de proporcionalidade para cada conjunto eólico na redução do fluxo da LT estabelecido no PR está ilustrado em (3). O primeiro termo da equação (3) designa o quanto cada conjunto eólico deve reduzir de acordo com a proporcionalidade da capacidade instalada e a sensibilidade na LT. O segundo termo dessa equação é a contribuição total do CMRO2 na redução do fluxo na LT.

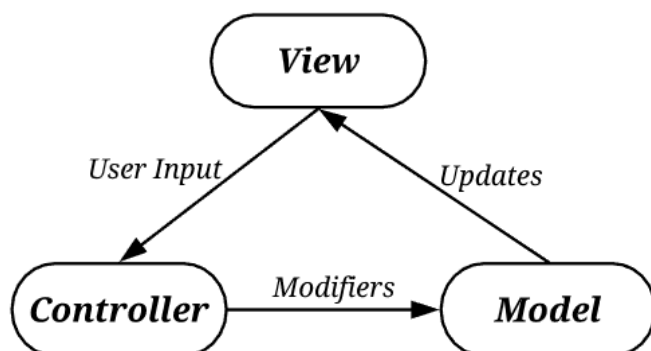
O valor de FE deverá ser atualizado caso seja necessário mais de uma iteração ($vfe > 0$). O valor atualizado de FE é a diferença entre o valor FE da iteração anterior e o valor da redução do fluxo na LT devido ao corte designado na iteração anterior. Deve-se efetuar as iterações até zerar o valor de FE. Desta forma, (4) ilustra os valores máximos para o corte de geração das usinas eólicas (de acordo com a geração real). Em (5) o limite da variável de folga.

Na primeira iteração com i igual 1, o valor máximo de corte de geração é a própria geração em tempo real, no momento da transgressão do valor do fluxo limite da LT. Nas demais iterações, os valores máximos de corte são atualizados conforme ilustrado no fluxograma da Figura 4, e a geração atualizada na iteração i é a diferença entre o limite de geração $i-1$ e o corte designado em $i-1$.

III. Ferramenta web para o controle de geração eólica da região

A ferramenta web desenvolvida utiliza a arquitetura *Model View Controller* (MVC), ilustrada na Figura 5, que visa a otimização de uso do servidor e tende a proporcionar um melhor uso quando acessado por diversos usuários (utiliza o processamento do servidor apenas em algumas situações e não o mantém em constante uso). Na ferramenta foram explorados o uso das linguagens de programação PHP, GNU Octave e JavaScript (JS).

Figura 5 - Estrutura MVC.

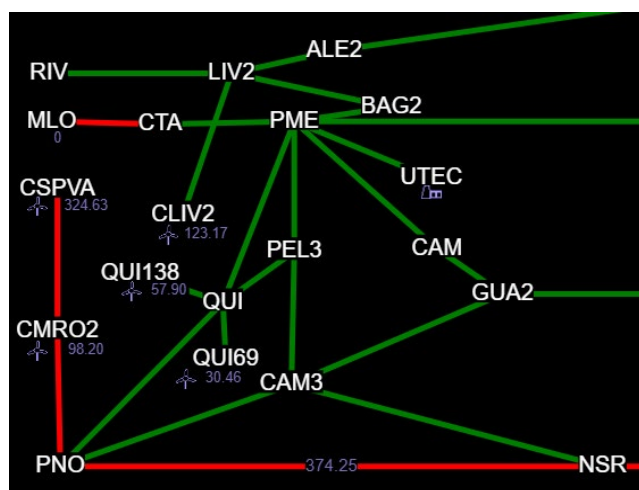


A *Model* é a parte responsável pelos processos executados no *server-side*, ou seja, no servidor; a *Views* é a área que ocorre as interações do usuário, em outras palavras, é a interface homem-máquina; e o *Controller* é responsável por intermediar esses dois processos e decide qual o momento de solicitar um procedimento, dado ou execução de função (REENSKAUG, 1979).

No intuito de otimizar o desenvolvimento e superar obstáculos encontrados durante o mesmo, foi feito o uso de *frameworks* e *bibliotecas* conceituadas em suas respectivas áreas. O *AngularJS* proporcionou o aspecto *single page* da aplicação e estruturou o formato MVC neste projeto, esse recurso possui uma boa integração com as demais linguagens e possui uma documentação organizada (DAO, 2016).

Para representação das unidades geradoras e das linhas de transmissão foi usado o *Vis JS framework*. Com esse framework foi possível exibir os elementos na aplicação de modo dinâmico, já que o mesmo efetua de maneira automática e otimizada a abordagem da posição por escala de *pixels*. A Figura 6 exibe o resultado do sistema desenvolvido com a *framework*.

Figura 6 - Sistema elétrico da região, criado com o Vis JS.

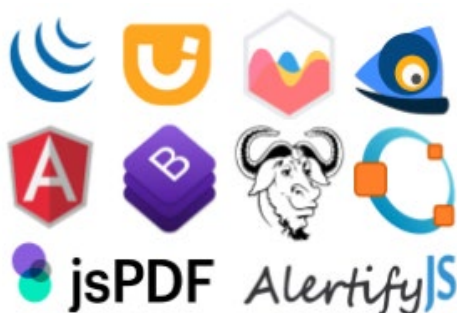


Os demais frameworks utilizados foram:

- *Bootstrap*, responsável pelo design e estilo da ferramenta
- *JQuery* e *JQuery UI*, responsáveis por algumas interações com a *View*
- *Alertifyjs*, responsável pelos alertas das ações
- *Ionicons*, biblioteca de ícones
- *Chartjs*, biblioteca de código aberto para visualização de dados
- *jsPDF*, responsável por gerar o relatório em pdf

As identidades visuais dos recursos usados podem ser observadas na Figura 7.

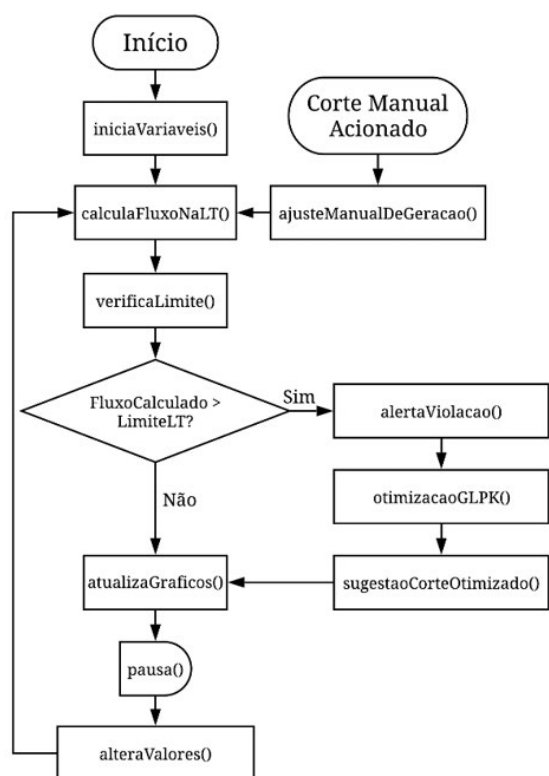
Figura 7 - Identidade visual dos recursos utilizados.



Com base nessa lógica foi desenvolvido um *script* usando o *software Octave* com a função *glpk* (GNU Linear Programming Kit). Esse *software* foi instalado no servidor e é responsável pela parte de otimização da aplicação (GNU, 2020).

Assim, tendo sido definidos os recursos e a modelagem do problema, foi possível desenvolver a lógica do funcionamento da aplicação *web*, ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma da lógica do funcionamento da aplicação *web*.



Na aplicação *web*, considera-se que o sistema elétrico já se encontra com a problemática da indisponibilidade das lógicas definida no PR, abordada anteriormente (ONS, 2018).

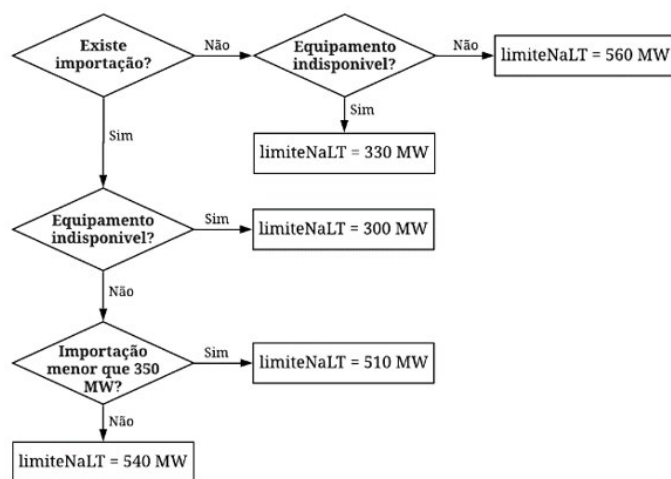
Os valores de geração dos conjuntos eólicos e do sistema elétrico da região são alterados a cada momento. O valor inicial de geração dos conjuntos é determinado de maneira aleatória respeitando a capacidade instalada de cada conjunto. Então, a cada intervalo de tempo os valores de geração são

atualizados (também de forma aleatória), multiplicando o valor antigo por um valor randômico entre 0.95 e 1.1.

Dessa forma os valores de geração tendem a se elevar, o que aumenta o fluxo na LT. Caso a geração alcance o valor da capacidade instalada do conjunto eólico, ocorrerá um decremento aleatório, o valor antigo será multiplicado por um valor randômico entre 0.85 e 0.95, impedindo exceder a capacidade instalada do conjunto (LIMA *et al.*, 2020).

Assim, a indisponibilidade de um equipamento e importação de energia impactam diretamente no limite de fluxo da LT definido no PR (ONS, 2018). Por isso, certos períodos foram predeterminados para apresentar indisponibilidade de algum equipamento ou a importação de energia. A Figura 9 exhibe os limites na LT dependendo da situação.

Figura 9 - Limite da LT dependendo da situação do PR.



Destaca-se que a aplicação *web* identifica a situação automaticamente e o valor limite é exibido dinamicamente no gráfico juntamente com o fluxo real da LT. Desta forma, a cada amostra do valor, a aplicação verifica se o limite está sendo violado, caso positivo é exibido um alerta e é acionada automaticamente a função otimização para exibir a sugestão de redução de geração ao operador.

A lógica da otimização pode ser modificada usando o botão de configurações no cabeçalho da aplicação, nele, o usuário tem a possibilidade de escolher (FLORINDO, 2019):

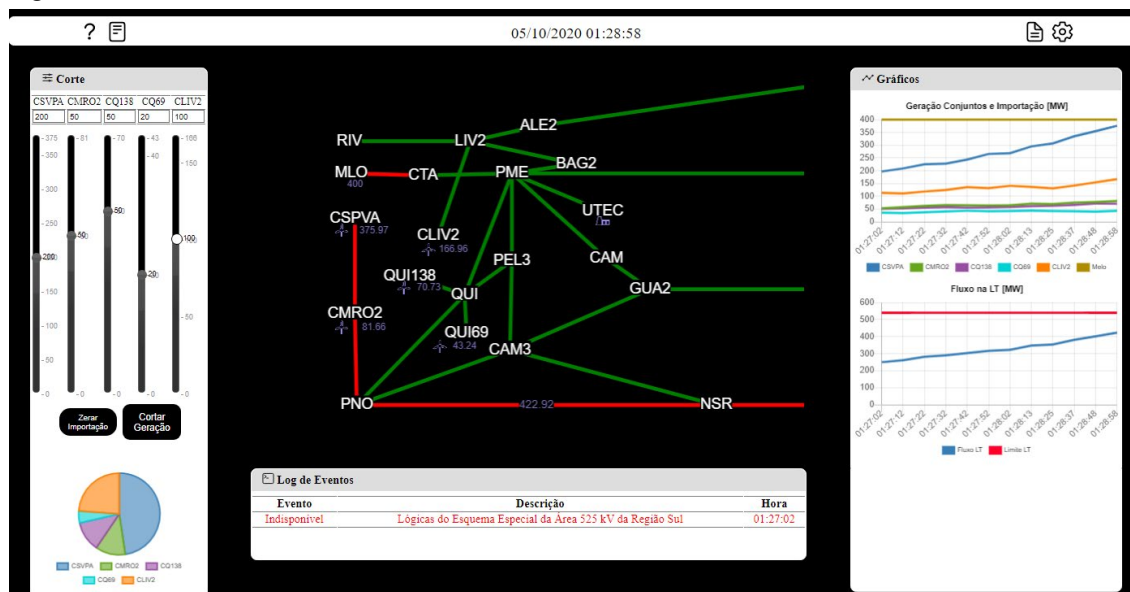
- corte de geração em relação a capacidade instalada ou em relação a geração do conjunto
- se o conjunto Marmeleiro 2 é priorizado no corte ou não

Por outro lado, o operador pode reduzir os valores de geração dos conjuntos manualmente usando os *sliders* ou os *inputs* para cada conjunto eólico, de maneira individualizada.

A ferramenta *web* foi alocada na máquina virtual (com servidor Apache instalado) do Grupo de Estudos em Sistemas de Energia (GESE) do Instituto Federal de Santa Catarina (GESE, 2020). O ambiente de simulação *web* desenvolvido pode ser observado pela Figura 10, nele o usuário pode

reproduzir um evento de violação de limite na LT NSR/PNO, conforme normativas do PR (ONS, 2018).

Figura 10 - Interface da ferramenta web desenvolvida.



Pode-se observar que:

- No centro é ilustrado o sistema elétrico em questão, com os valores atualizados em um certo intervalo de tempo.
- No lado esquerdo é possível realizar as ações de zerar a importação (ação prioritária segundo o PR) e cortar o montante de geração dos conjuntos eólicos conforme desejado.
- Na parte inferior é ilustrado um gráfico circular em que cada cor corresponde a um conjunto eólico e expressa os valores de corte de geração dos *sliders* ou *inputs*. Caso o fluxo na LT esteja sendo violado, a aplicação destaca o botão para zerar a importação (caso exista importação) e exibe uma mensagem informando que o CMRO2 deve ser priorizado no corte.
- No lado direito são exibidos os gráficos com os dados atuais de geração e de importação (conversora Melo), juntamente com o limite da LT e seu fluxo. Esses valores são atualizados constantemente, simulando uma intermitência operativa.
- Na região inferior se encontra o log de eventos, nele são exibidos eventos relevantes na simulação.
- Na parte superior está o relógio e quatro botões, sendo o primeiro e segundo relacionados a documentação do produto, o terceiro para gerar o relatório da simulação efetuada e o quarto com as configurações possíveis na otimização da ferramenta *web*.

3. CONCLUSÃO

O trabalho apresenta a modelagem matemática baseada nas informações dispostas nos PRs para o controle de geração na indisponibilidade do SEP do esquema de Controle de Emergência no Sul do Rio Grande do Sul para a Contingência da LT de 525 kV Nova Santa Rita/Povo Novo. Essa modelagem foi analisada e implementada no formato de um produto *web*, sendo que a mesma está disposta para acesso gratuito (GESE, 2020), possibilitando a simulação de diversas situações relacionadas ao problema exposto.

Destaca-se que a ferramenta *web* possibilita o acesso ao operador a uma sugestão rápida e otimizada para o controle de geração conforme disposto no PR específico, podendo o mesmo seguir ou não com a recomendação. No entanto, a recomendação pode auxiliar o mesmo à tomada de decisão, assim como, pode eliminar as análises pontuais de tabelas e de diversos documentos normativos.

Por fim, ressalta-se que o referido PR passou por revisões recentemente, sendo modificando pontualmente o procedimento exposto neste trabalho. A região passa por constantes mudanças e problemas pontuais, sendo que está planejado para o horizonte de 2024 a triplicação da LT em questão, o que resolveria os recorrentes ajustes manuais por parte do operador (ONS, 2019).

4. REFERÊNCIAS

ANEEL. **Brasil alcança 170 mil megawatts de capacidade instalada em 2019**. 2020. Disponível em: <[BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2021**. 2020. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36208/461966/07+-+Plano+Decenal+de+Expans%C3%A3o+de+Energia+-+PDE+2021/c6f4d6d5-b358-de37-01cb-0a1d786a5881>>. Acesso em: 10/2020.](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/brasil-alcanca-170-mil-megawatts-de-capacidade-instalada-em-2019/656877?inheritRedirect=false#:~:text=Brasil%20alcança%20170%20mil%20megawatts%20de%20capacidade%20instalada%20em%202019,-O%20Brasil%20fechou&text=A%20ampliação%20da%20geração%20eólica,à%20matriz%20brasileira%20no%20ano.>”. Acesso em: 10/2020.</p></div><div data-bbox=)

BRITO, F. M. **Características do Sistema Interligado Nacional**. Dissertação (Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos), EEL, PUC RIO, Rio de Janeiro, RJ, BR, 2014.

DAO, Vu. **Development of a front-end application using AngularJS: 1UP Media company case**. 2016 - Curso de Programme In Bit, Laurea University Of Applied Sciences, Leppävaara, 2016. Cap. 6. Disponível em: <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120244/1301725-Thesis.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10/2020.

FLORINDO, T. P. **Estudo De Caso Baseado Nos Esquemas Especiais De Proteção Do Procedimento De Rede**. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1067/TCC_Thiago_Pedro_Florindo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10/2020.

GESE. **Grupo de Estudos em Sistema de Energia**. 2020. Disponível em: <<https://gese.florianopolis.ifsc.edu.br/>>. Acesso em: 10/2020.

GNU. **GLPK (GNU Linear Programming Kit)**. 2020. Disponível em: <<https://www.gnu.org/software/glpk/>>. Acesso em: 10/2020.

GONÇALVES, E. M. **Metodologias para validação de proteções de linhas de Transmissão**. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica), CPDEE, UFMG, Belo Horizonte, MG, BR, 2012.

LIMA, M. N. S. M., TAKIGAWA, F. Y. K., PAULA, W. R. P., FLORINDO, T. P. **APLICAÇÃO WEB PARA CORTE DE GERAÇÃO EÓLICA NA REGIÃO DE NOVA SANTA RITA - POVO NOVO**. 2020. In: Anais do I Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Anais. Diamantina (MG) Online, 2020. Disponível em: <www.even3.com.br/Anais/icobicet2020/269309-APLICACAO-WEB-PARA-CORTE-DE-GERACAO-EOLICA-NA-REGIAO-DE-NOVA-SANTA-RITA---POVO-NOVO>. Acesso em: 10/2020.

LINS, F. G. **Desafios da Operação, em Tempo Real, do Sistema Elétrico Brasileiro com a Inserção da Geração Eólica**. XIV Symposium of Specialists in Electric Operational and Expansion Planning, Recife, PE, BR, october, 2018.

ONS. **Esquemas Especiais da Área 525 kV da região Sul**. Código: IO-EE.S.5SU. Revisão: 66. Procedimento de Rede. 2018.

_____. **O que é o SIN**. 2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>>. Acessado em: 10/2020.

_____. **3.1.2 Esquemas Especiais**. 2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/mpo>>. Acesso em: 10/2020.

_____. **Plano de Ampliações e Reforços 2020-2024**. 2019. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/REVISTA%20PAR%202020-2024_Final_Online%20\(1\).pdf](http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/REVISTA%20PAR%202020-2024_Final_Online%20(1).pdf)>. Acesso em: 10/2020.

REENSKAUG, Trygve. **THING - MODEL - VIEW - EDITOR an Example from a planning system**. 1979. Disponível em: <<http://heim.ifi.uio.no/~trygver/1979/mvc-1/1979-05-MVC.pdf>>. Acesso em: 10/2020.

SINDAT. **Sistema Interligado Nacional - Rede de Operação - Horizonte 2023**. Disponível em: <<http://sindat.ons.org.br/SINDAT/Home/ControleSistema>>. Acesso em: 10/2020.