

**Simulação computacional via ATPDraw das alternativas para  
expansão da capacidade de transmissão de energia elétrica na região  
de Jaíba e Janaúba em Minas Gerais**

**Computational simulation via ATPDraw of alternatives for expanding  
electricity transmission capacity in the Jaíba and Janaúba region in  
Minas Gerais**

DOI:10.34115/basrv5n6-005

Recebimento dos originais: 13/11/2021

Aceitação para publicação: 04/12/2021

**Cleiton Rocha Sudré**

Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do  
Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Endereço: Avenida Um, 4050, Cidade Universitária, Janaúba – MG – Brasil

E-mail: cleiton.sudre@ufvjm.edu.br

**João Vitor Gomes Araújo**

Engenheiro Físico pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
(UFVJM)

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Endereço: Avenida Um, 4050, Cidade Universitária, Janaúba – MG – Brasil

E-mail: joao.araujo@ufvjm.edu.br

**Júlia Oliveira Fernandes**

Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do  
Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Endereço: Avenida Um, 4050, Cidade Universitária, Janaúba – MG – Brasil

E-mail: julia.fernandes@ufvjm.edu.br

**Mariana Tainná Silva Souza**

Engenheira Física pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
(UFVJM)

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Endereço: Avenida Um, 4050, Cidade Universitária, Janaúba – MG – Brasil

E-mail: mariana.souza@ufvjm.edu.br

**Jáder Fernando Dias Breda**

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Endereço: Avenida Um, 4050, Cidade Universitária, Janaúba – MG – Brasil

E-mail: jader.breda@ufvjm.edu.br

### Thiago Franchi Pereira da Silva

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)  
Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)  
Endereço: Avenida Um, 4050, Cidade Universitária, Janaúba – MG – Brasil  
E-mail: thiago.franchi@ufvjm.edu.br

#### RESUMO

A inserção de fontes de energia alternativas renováveis na matriz elétrica do país se torna cada vez mais presente, tornando-se necessário implantar e potencializar sistemas capazes de explorar todo o potencial elétrico das regiões onde se faz mais presente o uso deste potencial, seja ele eólico, solar ou hídrico. Todavia, para que os sistemas implantados sejam capazes de escoar o máximo de potencial elétrico de uma região, é necessário um período de análises e estudos específicos, com a utilização de critérios também específicos para cada tipo de região utilizada como referência. No caso da região norte do estado de Minas Gerais, ao observar a conexão entre os municípios de Jaíba e Janaúba, nota-se que a subestação Janaúba 3 apresenta problemas para escoamento de potencial elétrico devido a ultrapassagem dos limites de carregamento com a atual quantidade de autotransformadores presentes nesta subestação. A adição do 3º e 4º bancos de autotransformadores nesta subestação foi a solução encontrada para resolver o problema do escoamento. Sendo que, esta solução teve sua eficácia comprovada por meio de simulações realizadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) utilizando o programa computacional Anarede, que requer a aquisição de uma licença para uso. No presente trabalho foram replicadas as mesmas simulações, porém utilizando-se o *software* livre ATPDraw, apresentando resultados plenamente satisfatórios em suas análises, comprovando a eficácia de sua utilização se comparando com os resultados obtidos pelo *software* Anarede.

**Palavras-chave:** ATPDraw. Simulações computacionais. Transmissão de energia elétrica. Subestação de energia. Norte de Minas Gerais.

#### ABSTRACT

The inclusion of alternative renewable energy sources in the country's electrical matrix is becoming increasingly present, making it necessary to implement and enhance systems capable of exploiting the full electrical potential of the regions where the use of this potential is more present, whether windy, solar or hydro. However, for the deployed systems to be able to drain the maximum electrical potential of a region, a period of specific analysis and studies is necessary, with the use of specific criteria for each type of region used as a reference. In the case of the northern region of the state of Minas Gerais, when observing the connection between the municipalities of Jaíba and Janaúba, it is noted that the Janaúba 3 substation presents problems for the flow of electrical potential due to exceeding the charging limits with the current amount of autotransformers present in this substation. The addition of the 3rd and 4th autotransformer banks in this substation was the solution found to solve the flow problem. This solution had its effectiveness proven through simulations carried out by the Energy Research Company (EPE) using the computer program Anarede, which requires the acquisition of a license for use. In the present work, the same simulations were replicated, but using the free software ATPDraw, presenting fully satisfactory results in their analyses, proving the effectiveness of its use compared with the results obtained by the Anarede software.

**Keywords:** ATPDraw. Computer simulations. Transmission of electrical energy. Energy substation. North of Minas Gerais.

## 1 INTRODUÇÃO

A inserção de fontes de energia renováveis na matriz elétrica do país se torna cada vez mais presente, sendo necessária a implantação e potencialização de sistemas capazes de explorar todo potencial elétrico das regiões onde se faz mais presente esse potencial, seja ele eólico, solar ou hídrico.

Mas, para que os sistemas implantados sejam capazes de escoar o máximo de potencial elétrico de uma região, é necessário um período de análises e estudos específicos, com a utilização de critérios também específicos para cada tipo de região utilizada como base. Tais critérios visam garantir o suprimento da demanda de energia elétrica para as gerações futuras, sendo essa análise feita em um horizonte de longo prazo, de modo a construir um sistema com boas condições de operacionalidade, robusto e flexível.

Quanto aos estudos específicos para uma região, o presente trabalho apresenta a nota técnica da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), publicada em fevereiro de 2020 sobre o “Aumento da Capacidade de Escoamento de Geração Solar da região de Jaíba e Janaúba, no Estado de Minas Gerais”. Segundo esta nota, na atual forma, a Subestação Janaúba 3 apresenta problemas para escoamento de potencial elétrico, devido a ultrapassagem dos limites de carregamento com a atual quantidade de autotransformadores (ATRs) presente na subestação (SE).

Neste estudo da EPE, em uma primeira análise feita, foi decidido que a melhor opção seria a adição de um 3º banco de ATR na SE Janaúba 3. Porém, uma nova revisão acerca dessa mesma nota técnica, publicada em agosto do mesmo ano sugere a adição de um 4º banco de ATR na SE, onde foi ilustrado o circuito considerado para análise nas duas notas.

Partindo desta premissa, o trabalho teve como objetivo principal:

- Simular computacionalmente o estudo da nota técnica da EPE sobre Jaíba e Janaúba a partir de um *software* livre, ATPDraw, utilizando os dados coletados para modelagem de seus componentes.

Como objetivos específicos buscaram-se:

- Realizar três simulações com os mesmos critérios utilizados na nota técnica e uma quarta simulação teste com um terceiro critério.
- A partir dessas simulações, observar o comportamento da corrente que escoar a partir de cada um dos ATRs. E, assim, comparar os resultados obtidos com o das simulações ilustrados na nota da EPE, em que se utilizou um programa de simulação pago (o Anarede).
- Verificar se o *software* ATPDraw mostra-se capaz de realizar estas análises de modo exitoso, apesar de se tratar de um programa de simulação computacional de livre acesso.

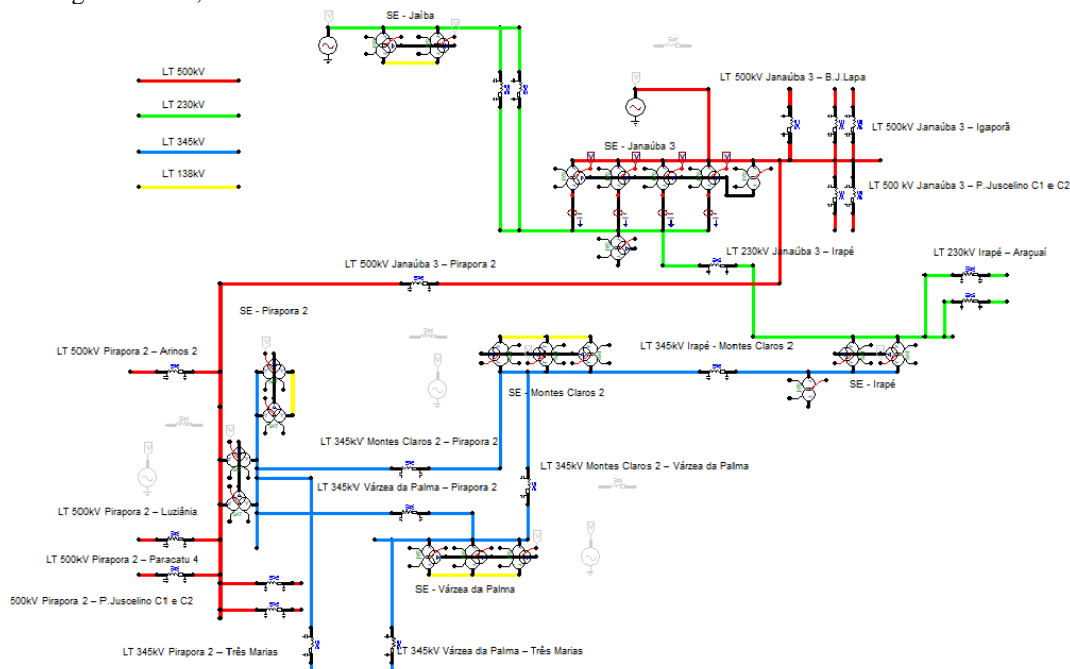
## 2 MODELAGEM COMPUTACIONAL DO CIRCUITO CONSIDERADO

Nesta seção será apresentada uma explicação acerca da modelagem de cada componente do circuito no ATPDraw.

### 2.1 MONTAGEM DO CIRCUITO

O circuito e local onde seria necessária a adição do 3º e 4º banco de ATRs foram retirados da nota técnica da EPE, tomou-se como base o mesmo para a realização da montagem do circuito no ATPDraw. Na Fig. 1, tem-se a montagem final do circuito a partir da estrutura do exemplo da nota técnica.

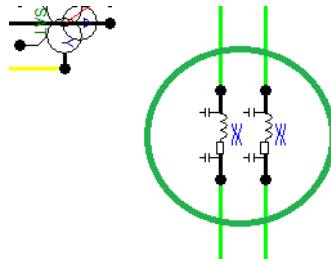
Fig. 1 - Sistema elétrico de interesse, com intervenções, montado no ATPDraw, englobando a rede básica das regiões Norte, Noroeste e Central do estado de Minas Gerais



## 2.2 MODELAGEM DE LINHA

Uma linha de transmissão (LT) de energia elétrica possui quatro parâmetros principais: resistência, indutância, capacitância e condutância, que influenciam em seu comportamento como componentes de um sistema de potência. Neste caso, a condutância entre condutores de linhas aéreas pode ser considerada nula, por ser desprezível a fuga nos seus isoladores. Na Fig. 2, circulado em verde tem-se uma LT localizada no circuito simulado.

Fig. 2 - Linha de transmissão de Jafba – Janaúba 3 em destaque.



Ao selecioná-la e clicar com o botão direito do mouse, se tem acesso a aba de configuração para adição de parâmetros e informações de cada LT, como ilustrado na Fig. 3.

Fig. 3 - Aba de edição para modelagem de linha de transmissão.

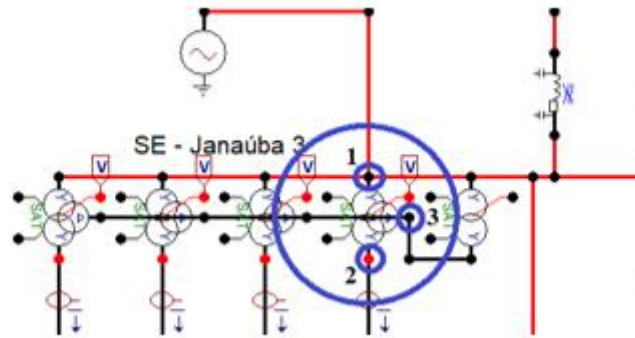
| Component: LINEPI3S |       |              | Attributes |       |       |
|---------------------|-------|--------------|------------|-------|-------|
| DATA                | UNIT  | VALUE        | NODE       | PHASE | NAME  |
| R0                  | Ohm/m | 0.0003746    | In         | ABC   | X0067 |
| L0                  | mH/m  | 4.3327545E-9 | Out        | ABC   | X0018 |
| C0                  | µF/m  | 7.1301679E-6 |            |       |       |
| R+                  | Ohm/m | 4.095E-5     |            |       |       |
| L+                  | mH/m  | 8.456963E-10 |            |       |       |
| C+                  | µF/m  | 1.3836373E-5 |            |       |       |

Tendo em mãos os parâmetros de resistência (R), indutância (L) e capacitância (C) de sequência zero (R0, L0 E C0), quando se envolve a terra em condições de desbalanço, e sequência positiva (R+, L+ E C+), observadas nos sistemas de potência durante condições típicas de regime, utilizam-se os mesmos para preencher a aba “Attributes”. O processo é repetido para cada linha de transmissão até que todas as linhas presentes na simulação tenham seus parâmetros preenchidos.

## 2.3 MODELAGEM DE AUTOTRANSFORMADOR

O autotransformador utilizado nas simulações é um modelo trifásico de 3 enrolamentos, que se encontra representado em destaque na Fig. 4.

Fig. 4 – ATR da SE Janaúba 3 em destaque.



O número 1 na figura representa a entrada de tensão do enrolamento primário, o número 2 representa a entrada de tensão do enrolamento secundário e o número 3 a entrada de tensão no enrolamento terciário, pontos utilizados nas simulações. Ao selecioná-lo e acessar a aba de configurações, têm-se os seguintes parâmetros a serem preenchidos como ilustrado na Fig. 5.

Fig. 5 - Aba de edição do ATPDraw para modelagem de Autotransformador.

| Component: SATTRAFO |            |            |            |
|---------------------|------------|------------|------------|
| Attributes          |            |            |            |
| Characteristic      |            |            |            |
|                     | Prim.      | Sec.       | Tert.      |
| U [V]               | 500000     | 230000     | 13800      |
| R [ohm]             | 0.0001     | 0.0001     | 0.0001     |
| L [mH,ohm]          | 0.00028647 | 4.49082197 | 1.81967151 |
| Coupling            | Y          | Y          | D          |
| Phase shift         |            | 0          | 30         |

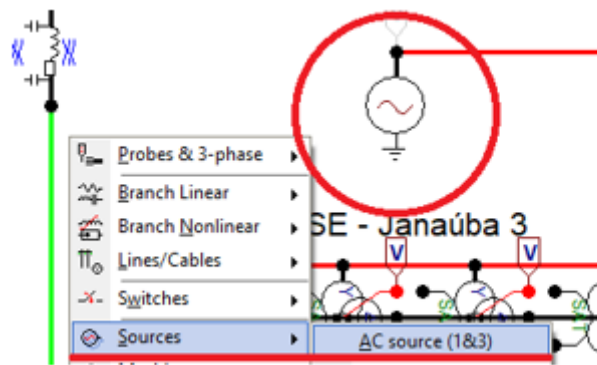
| NODE      | PHASE | NAME  |
|-----------|-------|-------|
| Primary   | ABC   | X0068 |
| Secondary | ABC   | ATR1C |
| Starpoint | ABC   | ATR1V |
| Prim-N    | 1     | X0010 |
| Sec-N     | 1     | X0011 |
| Tertiary  | ABC   | X0071 |

Utilizando-se dos parâmetros e dados coletados, foram preenchidos os valores de tensão (U), indutância (L) e a ligação dos enrolamentos (*Coupling*) de cada ATR das subestações simuladas no circuito. Por não haver informações acerca dos valores de R, que são os valores de resistência dos enrolamentos do transformador, e pelo fato do ATP não aceitar 0 como parâmetro, assumiu-se um valor muito próximo de 0 para que não houvessem problemas na simulação dos mesmos.

## 2.4 MODELAGEM DE GERADOR

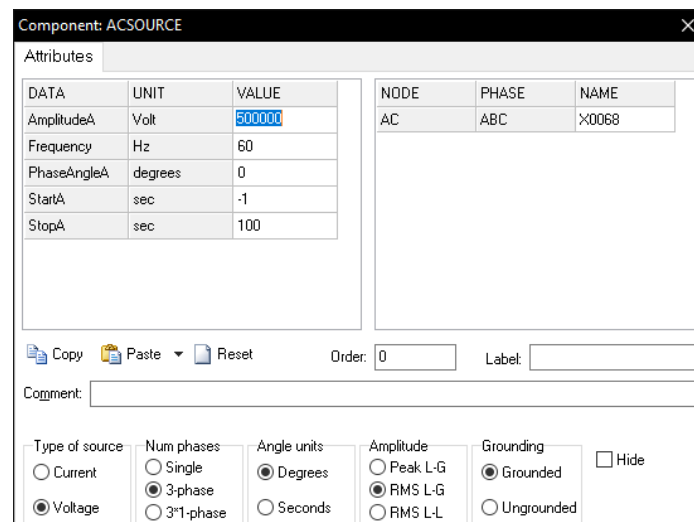
Para ser possível a simulação do circuito, é necessário que haja um gerador de tensão para fazer o circuito entrar em funcionamento e possibilitar a realização das medições necessárias para obtenção dos resultados. Desta forma, a Fig. 6 ilustra um dos geradores utilizado nas simulações.

Fig. 6 - Gerador utilizado no circuito.



Com o botão direito do mouse, acessando as configurações, na opção *sources* foi selecionado o *AC source (1 & 3)*, a Fig. 7 ilustra a aba de edição de parâmetros para o gerador.

Fig. 7 - Aba de edição do ATPDraw para modelagem de Gerador.



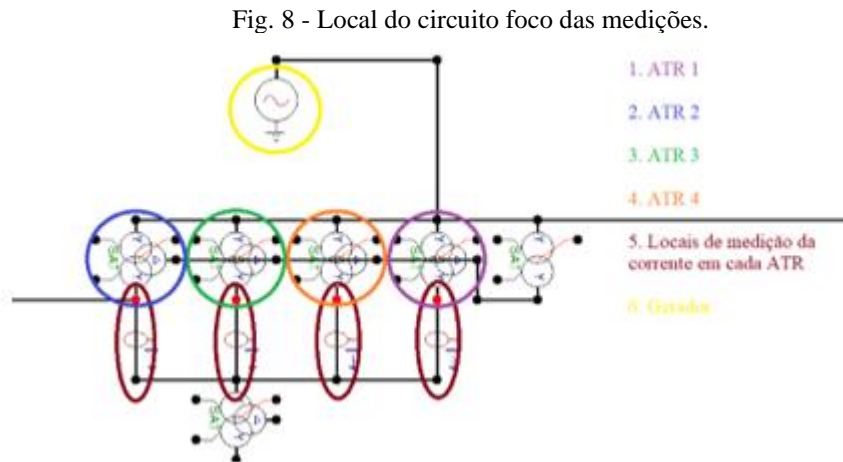
### 3 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DO CIRCUITO CONSIDERADO

Para a análise e comparação dos resultados, foram feitas quatro simulações, utilizando critérios semelhantes aos utilizados na nota técnica mencionada nesse trabalho (EPE, 2020b).

Os critérios considerados em cada simulação estão listados a seguir:

- Primeira simulação – Simulação da SE Janaúba 3 em sua configuração atual, ou seja, apenas com 2 bancos de ATRs de 500/230kV;
- Segunda simulação – adição do 3º banco de ATRs;
- Terceira simulação – adição dos 3º e 4º bancos de ATRs;
- Quarta simulação – adição de um gerador na SE Jaíba mantendo os 4 ATRs na SE Janaúba 3.

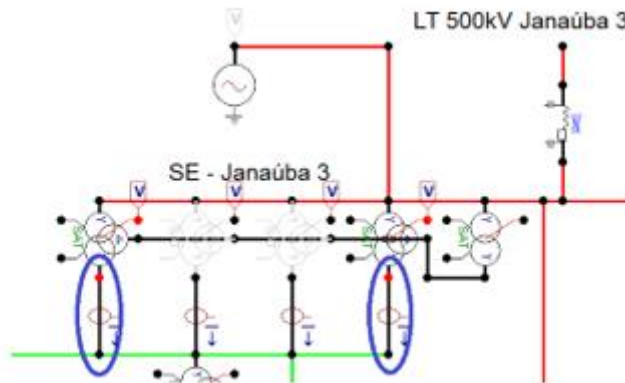
A Fig. 8 ilustra os componentes do sistema e locais de medição foco das simulações.



### 3.1 SIMULAÇÃO 1 – CIRCUITO COM 2 BANCOS DE ATRs

Nesta simulação, foi conectado um gerador de 500kV na SE Janaúba 3, deixando apenas 2 bancos de ATRs ativos no sistema. A Fig. 9 ilustra a SE Janaúba 3 no ano de escrita desse trabalho, com dois bancos de ATRs de três enrolamentos e o local onde foi feita a medição de corrente, com os medidores conectados nas saídas do primeiro e segundo ATRs, com o intuito de medir o escoamento de corrente através deles.

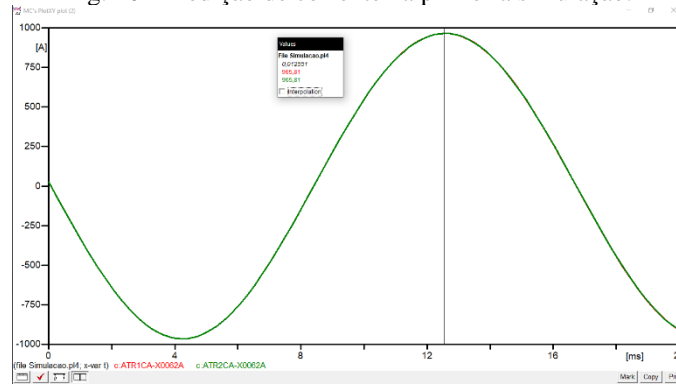
Fig. 9 - Pontos de medição da corrente nos dois autotransformadores ativos da subestação Janauba 3, na primeira simulação.



A Fig. 10 ilustra a medição ampliada da corrente da fase A que sai do primeiro e do segundo ATR, onde obteve-se um valor de aproximadamente 965,81 A no valor de pico.



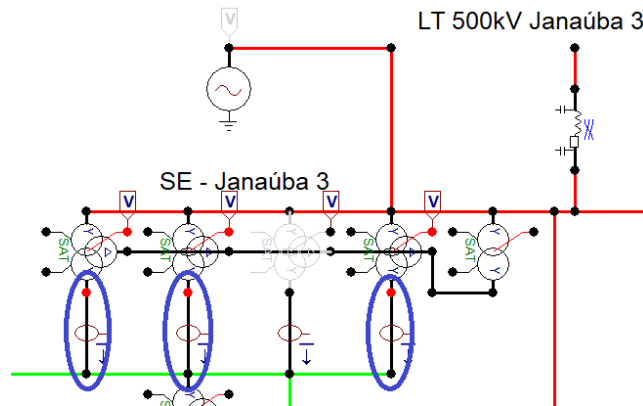
Fig. 10 - Medição de corrente na primeira simulação.



### 3.2 SIMULAÇÃO 2 – CIRCUITO COM 3 BANCOS DE ATRs

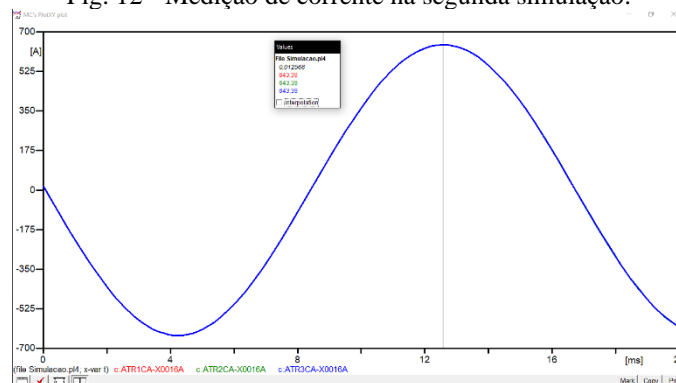
Para a segunda simulação, o terceiro ATR na SE Janaúba 3 foi ativado para realização das análises. A Fig. 11 ilustra a SE Janaúba 3 nesta segunda simulação, abrangendo os locais onde foram realizadas as medições de corrente nos três bancos de ATRs da SE.

Fig. 11 - Pontos de medição de corrente nos 3 ATRs ativos na SE Janaúba 3, na segunda simulação.



A Fig. 12 ilustra a medição ampliada da corrente da fase A que sai dos três ATRs da SE, onde obteve-se um valor de pico aproximado de 643,39 A.

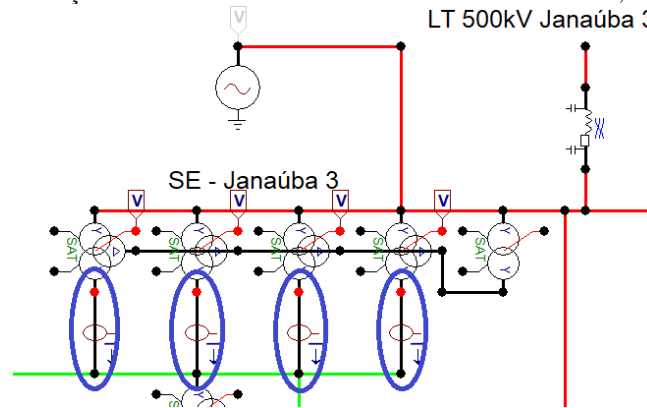
Fig. 12 - Medição de corrente na segunda simulação.



### 3.3 SIMULAÇÃO 3 – CIRCUITO COM 4 BANCOS DE ATRs

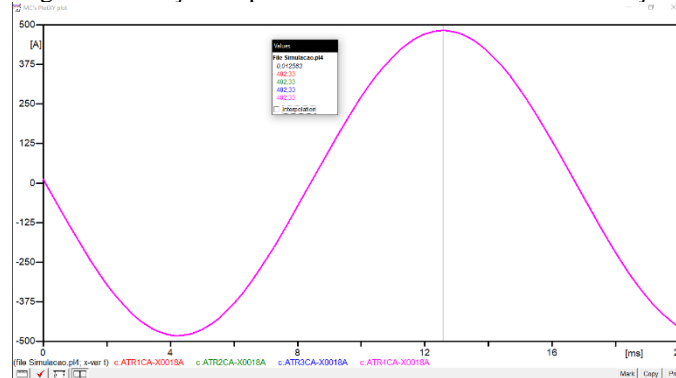
Na terceira simulação, o 4º banco de ATR foi adicionado, os resultados obtidos estão representados a seguir. A Fig. 13 ilustra a SE Janaúba 3 na terceira etapa de simulação, com todos os quatro bancos de ATRs de três enrolamentos ativos e abrange também todo local onde foram feitas as medições de corrente nos quatro ATRs da SE.

Fig. 13 - Pontos de medição de corrente nos 4 ATRs ativos na SE Janaúba 3, na terceira simulação.



A Fig. 14 ilustra a medição ampliada da corrente da fase A com a adição do 4º banco de ATR, onde obteve-se um valor de aproximadamente 482,33 A no pico da onda.

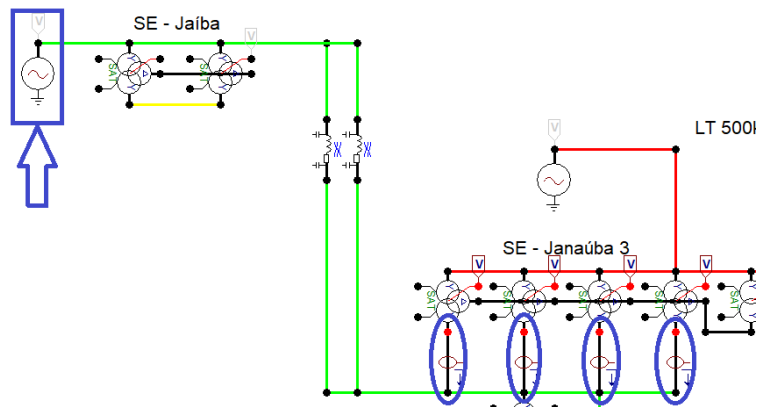
Fig. 14 - Medição ampliada de corrente na terceira simulação.



### 3.4 SIMULAÇÃO 4 – CIRCUITO COM GERADOR NA SE JAÍBA

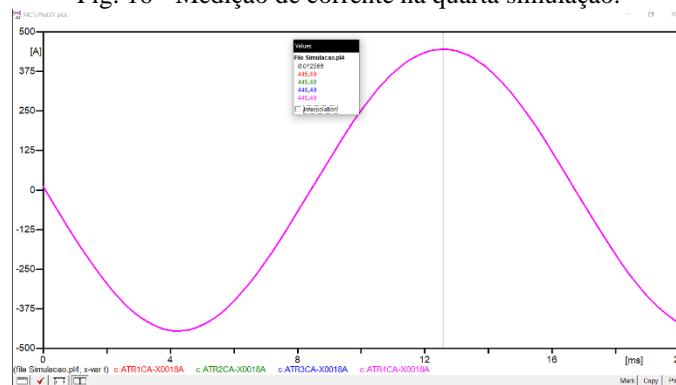
Para a realização da quarta simulação, um gerador foi ligado na SE Jaíba, e as medições foram feitas na SE Janaúba com os quatro ATRs ativos, os resultados obtidos estão representados nas figuras seguintes. A Fig. 15 ilustra a adição do gerador na SE Jaíba juntamente com os quatro bancos de ATRs da SE Janaúba ativos e também o local onde foi feita a medição de corrente nos quatro ATRs da SE.

Fig. 15 - Pontos de medição da corrente de saída dos autotransformadores da SE Janaúba 3, frente a adição de um gerador na subestação Jaíba, também em destaque.



A Fig. 16 ilustra a medição ampliada da corrente na simulação 4, onde obteve-se um valor de aproximadamente 445,49 A no seu valor de pico para cada um dos ATRs.

Fig. 16 - Medição de corrente na quarta simulação.



#### 4 DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS NAS SIMULAÇÕES

Tomando como base a primeira simulação sem alteração nenhuma do sistema, comparando os resultados obtidos nas análises de cada uma das três simulações seguintes considerando diferentes situações, verificou-se uma queda considerável no percentual de corrente que escoava de cada ATR.

Verificou-se na simulação 2 uma queda de aproximadamente 33,10% no valor de corrente se comparada com a primeira simulação após a adição do 3º banco de ATR. Na terceira simulação, após a adição do 4º banco de ATR essa taxa de diminuição passou para quase metade do valor de corrente medido na primeira, atingindo 49,85% aproximadamente. Por fim, no cenário 3, a adição de um gerador na SE Jaíba provocou uma queda de aproximadamente 53,68% no valor de pico da corrente se comparada com a simulação 1.

A Tabela 1 ilustra/resume os resultados obtidos pelas simulações em comparação com a situação atual (Simulação 1).

Tabela 1 - Comparativo dos resultados obtidos nas simulações.

| Etapa       | Situação                     | Valor de corrente de pico obtido | Percentual de queda de corrente em relação a simulação 1 |
|-------------|------------------------------|----------------------------------|--|
| Simulação 1 | 2 ATRs ativos                | 965,81A                          | -  |
| Simulação 2 | 3 ATRs ativos                | 643,39A                          | 33,10%   |
| Simulação 3 | 4 ATRs ativos                | 482,33A                          | 49,85%   |
| Simulação 4 | 4 ATRs e gerador na SE Jaíba | 445,49A                          | 53,68%   |

Fonte: Próprio autor

No estudo apresentado na nota técnica referente a região de Janaúba (EPE, 2020b), a análise feita na atual transformação de 500/230kV de Janaúba 3 apresentou uma violação no carregamento, analisada em três cenários diferentes (CEN1, CEN2 e CEN3), no ano de 2023, que é o prazo mínimo para entrada de um possível reforço via autorização – e no ano de 2025, que precede o ano previsto de entrada dos reforços estruturais que serão recomendados. Sendo os cenários: CEN1 referente a carga média do norte úmido, CEN2 referente a carga média do norte seco e o CEN3 referente a carga leve no período diurno do fim de semana (EPE, 2020b), nota-se que todos ultrapassam o limite de 100%, a Fig. 17.a ilustra estas violações.

Fig. 17 – a) Carregamento dos ATRs em regime normal no atual estado, com 2 atrs. Violaçãp da transformação 500/230kV Janaúba 3. b) Carregamento da transformação com a adição do 3º banco de ATRs. c) Carregamento da transformação com a adição do 4º banco de ATRs.



Fonte: (EPE, 2020b)

Em relação aos cenários de análise dos gráficos, o CEN 2, referente ao Norte seco para o ano de 2025 foi o que mais se assemelhou à região foco desse trabalho, portanto foi tomado como base para as observações. Na Fig. 17.a verifica-se violações de até 43% para o cenário 2 no ano de 2025. A adição do 3º banco de ATR na SE Janaúba apresentou resultado satisfatório para a correção desse problema devido a uma redução considerável de até 42%, como observado na Fig. 17.b. Quanto ao gráfico da Fig. 17.c, a adição de um 4º ATR apresenta uma redução de até 66% no cenário 2 para 2025 em um comparativo com a transformação com apenas 2 ATRs.

Observa-se que houve uma redução considerável do limite de carregamento após a adição do 3º e 4º bancos de ATRs na SE Janaúba 3, o mesmo é observado na tabela 1, que contém os resultados das simulações apresentados neste trabalho. Portanto, é possível uma comparação entre a taxa de variação percentual nas medições das simulações e das análises dos gráficos, a Tabela 2 representa essa comparação.

Tabela 2 - Comparativo entre os resultados gráficos e simulados

| Etapa<br>Situação   | Simulação 1<br>2 ATRs<br>ativos | Simulação 2<br>3 ATRs<br>ativos | Simulação 3<br>4 ATRs<br>ativos | Simulação 4<br>4 ATRs e gerador<br>na SE Jaíba |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| Corrente medida nas<br>simulações                                 | 965,81A                         | 643,39A                         | 482,33A                         | 445,49A  |
| Taxa de diminuição na<br>simulação                                | ///                             | 33,10%                          | 49,85%                          | 53,68%   |
| Valor observado no gráfico  | 143%                            | 101%                            | 77%                             |  |
| Taxa de diminuição no<br>gráfico                                  | //                              | 29,37%                          | 46,15%                          |  |
| Diferença percentual entre<br>análise gráfica e das<br>simulações |                                 | 3,73%                           | 3,70%                           |  |

Fonte: Próprio autor

Observa-se que entre o percentual de limite de carregamento da medição 1 e o percentual do limite de carregamento da medição 2 há uma taxa de redução de 29,37% nas análises gráficas, e na mesma análise, porém na simulação, a taxa de diminuição da corrente é de 33,10%. Entre a medição 3 e a medição 1 há uma redução de 46,15% na taxa de limite de carregamento de acordo com os gráficos e nas simulações há uma redução de 49,85%, valores com diferença percentual de 3,73% e 3,70% nos cálculos comparativos para a simulação 2 e 3, respectivamente.

## 5 CONCLUSÃO

A nota técnica da EPE mostrou em seu estudo sobre a região de Jaíba e Janaúba a possibilidade de potencialização na capacidade de escoamento de energia elétrica,

levando-se em consideração a redução do limite de carregamento a partir da adição do 3° e 4° bancos de ATRs na SE Janaúba 3. Tal estudo tornou-se referência para toda análise deste trabalho.

Com as informações obtidas na nota técnica foi possível realizar toda a análise simulada no software ATPDraw, sendo que a modelagem dos componentes utilizados foi desenvolvida de acordo com os dados disponíveis no referido documento.

As três simulações utilizadas como foco específico deste trabalho foram realizadas com sucesso, obtendo-se resultados plenamente satisfatórios para cada uma delas, pois foi observado que a adição de cada banco de ATR possibilitou uma diminuição da corrente de saída de cada um deles na SE.

A análise comparativa realizada entre os resultados obtidos na nota técnica da EPE e os resultados obtidos nas simulações do ATPDraw mostrou uma relação próxima muito próxima entre os resultados percentuais de diminuição da corrente nos ATRs da subestação simulada e os resultados percentuais de diminuição do limite de carregamento da mesma na nota técnica.

Deste modo, foi possível mostrar que o ATPDraw, mesmo sendo um *software* gratuito e de livre acesso, foi capaz de realizar análises e obter resultados extremamente satisfatórios, provando assim ser uma boa ferramenta alternativa caso não seja possível a obtenção da licença de softwares pagos, como por exemplo o ANAREDE do CEPEL.

## REFERÊNCIAS

**Assis, Fernando. 2020.** 1 Vídeo (1 hora e 29min). Planejamento da Expansão de Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica. *Publicado pelo canal Centro Acadêmico de Engenharia Elétrica*. [Online] 21 de Outubro de 2020. [Citado em: 15 de Julho de 2021.] <https://www.youtube.com/watch?v=qDoo8JM8Ak4>.

**ATPDraw™. 2012.** ATPDraw Home. *ATPDraw*. [Online] SINTEF Energy Research, 2012, tradução do autor. [Citado em: 18 de Agosto de 2021.] <https://www.atpdraw.net/>.

**CEPEL. 2018.** O Cepel. *ANAREDE - Análise de Redes Elétricas*. [Online] Cepel, 2018. [Citado em: 18 de Agosto de 2021.] [http://www.cepel.br/pt\\_br/produtos/anarede-analise-de-redes-eletricas.htm](http://www.cepel.br/pt_br/produtos/anarede-analise-de-redes-eletricas.htm).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, “EPE-DEE-NT-008/2020-rev0 - **Aumento da Capacidade de Escoamento de Geração Solar da Região de Jaíba e Janaúba, no Estado de Minas Gerais**”, Rio de Janeiro, 2020a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, “EPE-DEE-NT-008/2020-rev1 - **Aumento da Capacidade de Escoamento de Geração Solar da Região de Jaíba e Janaúba, no Estado de Minas Gerais**”, Rio de Janeiro, 2020b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, “EPE-DEE-RE-090/2017-rev0- **Estudo Prospectivo para Escoamento do Potencial Solar das Regiões Norte e Noroeste de Minas Gerais**”, Rio de Janeiro, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, “EPE-DEE-RE-064/2020-rev0 - **Expansão da capacidade de Transmissão da Região Norte de Minas Gerais**”, Rio de Janeiro, 2020.